



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

D e z e m b r o • 1 4 . D i c i e m b r e 1 4



Nº 14

Edição / Edición

Nº 14, 12/2014

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

CiteFactor, CrossRef, Dialnet, DOAJ, DOI, EBSCO, EI-Compendex, GALE, IndexCopernicus, Index of Information Systems Journals, ISI Web of Knowledge, Latindex, ProQuest, SciELO, SCOPUS e Ulrich's.

Propriedade e Publicação / Propriedad y Publicación

AISTI – Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

Rua de Lagares 523, 4620-646 Silvares, Portugal

E-mail: risti@aisti.eu

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

Ficha Técnica

Diretor e Editor-Chefe / Director y Editor-en-Jefe

Álvaro Rocha, Universidade de Coimbra

Coordenadores da Edição / Coordinadores de la Edición

Adolfo Lozano-Tello, Universidad de Extremadura

Álvaro Rocha, Universidade de Coimbra

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

Maria Manuela Cruz-Cunha, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave

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

Secretariado Editorial

Avelino Victor, Instituto Universitário da Maia & Instituto de Informática do Porto

Paulo Teixeira, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave

Conselho Científico / Consejo Científico

Adolfo Lozano-Tello, Universidad de Extremadura, ES

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

Aldemar Santos, Universidade Federal de Pernambuco, BR

Alejandro Peña, Escuela de Ingeniería de Antioquia, CO

Alma María Gómez-Rodríguez, Universidad de Vigo, ES

Álvaro E. Prieto, Universidad de Extremadura, ES

Ana Cristina Ramada Paiva, FEUP, Universidade do Porto, PT

Ana Maria Correia, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Ana Paula Afonso, 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
António Pereira, Instituto Politécnico de Leiria, PT
António Teixeira, Universidade de Aveiro, 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
Brigida 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 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
Germano Montejano, Universidad Nacional de San Luis, AR
Guilhermina Lobato Miranda, Universidade de Lisboa, PT
Hélia Guerra, Universidade dos Açores, PT
Henrique Gil, Instituto Politécnico de Castelo Branco, PT
Henrique Santos, Universidade do Minho, PT
Hugo Paredes, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 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 García 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 Sarmiento, Universidade do Minho, PT
João Tavares, FEUP, Universidade do Porto, PT
Joaquim José Gonçalves, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, PT
Joaquim Reis, ISCTE - Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa, PT
Jörg Thomaschewski, University of Applied Sciences OOW - Emden, DE
Jose Alfonso Aguilar, Universidad Autonoma de Sinaloa, MX
José Braga de Vasconcelos, Universidade Atlântica, 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 de Fuentes, Universidad Carlos III de Madrid, ES
Jose María Álvarez Rodríguez, South East European Research Center, GR
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 Carlos González Moreno, Universidad de Vigo, 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
Lilia Muñoz, Universidad Tecnológica de Panamá, PA
Luis Alvarez Sabucedo, Universidad de Vigo, ES
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
Luisa María Romero-Moreno, Universidad de Sevilla, ES
Magdalena Arcilla Cobián, Universidade Nacional de Educación a Distancia, ES
Manuel Jose Fernandez Iglesias, Universidad de Vigo, ES
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 José Sousa, Universidade Europeia, PT
Maribel Yasmina Santos, Universidade do Minho, PT
Maristela Holanda, Universidade de Brasília, BR
Martín Llamas Nistal, Universidad de Vigo, ES
Mercedes Ruiz, Universidad de Cádiz, ES

Miguel A. Brito, Universidade do Minho, 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
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 Pimenta, Universidade do Minho, 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 Lauerano, ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa, PT
Renata Spolon Lobato, UNESP - Universidade Estadual Paulista, BR
Reinaldo Bianchi, Centro Universitário da FEI, BR
Roberto Rodríguez Echeverría, Universidad de extremadura, ES
Rodolfo Miranda Barros, Universidade Estadual de Londrina, BR
Rubén González Crespo, Universidad Pontificia de Salamanca, ES
Rui Cruz, IST, Universidade de Lisboa, PT
Rui José, Universidade do Minho, PT
Sergio Gálvez Rojas, Universidad de Málaga, ES
Sérgio Guerreiro, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, PT
Solange N Alves de Souza, Universidade de São Paulo, BR
Tomás San Feliu Gilabert, Universidad Politécnica de Madrid, ES
Victor Hugo Medina Garcia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, CO
Vitor Santos, ISEGI, Universidade Nova de Lisboa, PT
Xose A. Vila, Universidad de Vigo, ES

Representación y Gestión del Conocimiento

Representation and Knowledge Management

Adolfo Lozano-Tello ¹, Álvaro Rocha ²

alozano@unex.es, amrocha@dei.uc.pt

¹ Universidad de Extremadura . Grupo Quercus SEG, Escuela Politécnica de Cáceres. Avda de la Universidad sn, 10003 Cáceres, Spain.

² Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Informática, Pólo II - Pinhal de Marrocos, 3030-290 Coimbra, Portugal.

DOI: 10.17013/risti.14.vii-viii

Introdução

La gestión del conocimiento en sistemas de información toma cada día más importancia sobre todo en sistemas y problemas complejos en los que es fundamental organizar y analizar la información con técnicas adecuadas. En algunos campos, como los procesos de desarrollo del software o en el campo de la salud es fundamental establecer metodologías idóneas que hagan más eficientes estos sistemas.

En este número 14 de la Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información (RISTI) dedicado a la “Representación y Gestión del Conocimiento”, nos ha sido muy grato recopilar artículos relevantes que aportan soluciones a procesos de gestión del conocimiento aplicado a diferentes áreas, y aportaciones significativas de representación del conocimiento integradas a los procesos de gestión.

Los 7 artículos que componen este número se han seleccionado de un total de 55 artículos enviados, por lo que el índice de selección ha sido de un 12.7 %, un ratio muy significativo que, lamentablemente, deja fuera algunas aportaciones muy interesantes que también podrían haber formado parte de este número temático.

Estructura

En los artículos seleccionados, en el primer bloque se proponen soluciones de la gestión del conocimiento en el campo de la salud. En el segundo bloque se tratan aspectos sobre la gestión de procesos de desarrollo de software y workflows, y en uso de ontologías en estos sistemas.

El primero de los artículos, “Arquitetura de Informação de Suporte à Gestão da Qualidade em Unidades Hospitalares”, propone una completa solución mediante una arquitectura de información, sobre la gestión de calidad de las organizaciones centradas en la asistencia sanitaria.

En el siguiente artículo, “TICE.Healthy: Integração de soluções TIC para a 'Saúde e Qualidade de Vida””, también en el campo de la salud, se propone la plataforma web Evida para la gestión del conocimiento y la integración de información de diferentes proyectos.

El tercer artículo, “O impacto da exclusão digital na utilização potencial de um mercado eletrónico de serviços de cuidados de saúde e serviços sociais”, se presenta un estudio y análisis del impacto de las TICs en servicios sociales y de salud.

El cuarto, “Análisis de Flujos de Conocimiento en Proyectos de Mejora de Procesos Software bajo una perspectiva multi-enfoque”, ya en el bloque sobre la gestión de desarrollos de software, propone una estrategia para la gestión del conocimiento en la mejora de procesos software.

El quinto artículo, “Adaptación de Workflows basada en Ontologías”, proporciona un completo método de representación y propagación de cambios en workflows de procesos administrativos representados mediante ontologías.

El sexto artículo, “Evaluación empírica del mapeo de reglas de negocio para el desarrollo de ontologías” aporta reglas de mapeo desde SBVR (utilizado en la Ingeniería del Software) a OWL2 (utilizado en la Ingeniería Ontológica).

Por último, el artículo “Representación del Conocimiento de la Información Geográfica siguiendo un Enfoque basado en Ontologías”, presenta una propuesta de aplicación práctica de uso de ontologías a los sistemas de información geográfica.

Agradecimientos

Queremos agradecer a la AISTI (Asociación Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información) la oportunidad de difundir los trabajos más relevantes que se han enviado a este número temático, y sobre todo al Comité Científico por haber hecho el esfuerzo de revisar la importante cantidad de contribuciones. Asimismo, a los autores de los artículos por haber enviado sus trabajos a la revista. Con este grado de participación, estamos seguros de que tendremos la oportunidad de hacer otro número con una temática similar.

Índice / Index

EDITORIAL

Representación y Gestión del Conocimiento	vii
<i>Representation and Knowledge Management</i>	

ARTIGOS / ARTÍCULOS / ARTICLES

Arquitetura de Informação de Suporte à Gestão da Qualidade em Unidades Hospitalares	1
<i>Information Architecture to Support Quality Management in Hospital Units</i>	

TICE.Healthy: Integração de soluções TIC para a "Saúde e Qualidade de Vida"	17
<i>TICE.Healthy: Integration of ICT solutions for "Health and Quality of Life"</i>	

O impacto da exclusão digital na utilização potencial de um mercado eletrónico de serviços de cuidados de saúde e serviços sociais	33
<i>The impact of the digital divide in the potential use of an electronic market for health and social care services</i>	

Análisis de Flujos de Conocimiento en Proyectos de Mejora de Procesos Software bajo una perspectiva multi-enfoque	51
<i>Analysis of Knowledge Flows in Software Process Improvement Projects under a multi-perspective approach</i>	

Adaptación de Workflows basada en Ontologías	67
<i>Workflow Adaptation based on Ontologies</i>	

Evaluación empírica del mapeo de reglas de negocio para el desarrollo de ontologías	83
<i>Methodological choices in scientific research: use of the Saunders approach on the study of the culture influence on clusters competitiveness</i>	

Representación del Conocimiento de la Información Geográfica siguiendo un Enfoque basado en Ontologías	101
<i>A Knowledge Representation of Geographic Information using an Ontologies-based Approach</i>	

Arquitetura de Informação de Suporte à Gestão da Qualidade em Unidades Hospitalares

Jorge Freixo ¹, Álvaro Rocha ²

jorge.freixo@ulsam.min-saude.pt, amrocha@dei.uc.pt

¹ Unidade Local de Saúde do Alto Minho, Estrada de Santa Luzia, 4901-858, Viana do Castelo, Portugal

² Universidade de Coimbra, FCT, Departamento de Engenharia Informática, Pólo II – Pinhal de Marrocos, 3030–290 Coimbra, Portugal

DOI: 10.17013/risti.14.1-15

Resumo: A Gestão da Qualidade ocupa um lugar estratégico nas organizações, ao mesmo tempo que a utilização de ferramentas informáticas numa arquitetura de informação alinhada facilita o desafio de realizar mais com menos promovendo a competitividade e sustentabilidade. Neste contexto, particularmente na saúde, as organizações estão dependentes da capacidade de (re)definir rapidamente objetivos dando resposta às mudanças constantes das necessidades e requisitos dos clientes. Assim, os hospitais dependem deles próprios na procura de vantagens de mercado, atualizando os seus processos de negócio. A Arquitetura de Informação (AI) permite às organizações um melhor conhecimento mas sobretudo facilita (ou não) a gestão. Fica mais simples reinventar processos, reformular procedimentos, estabelecer pontes e permitir a cooperação entre os vários atores da organização. Desta forma, impõe-se a necessidade de estabelecer uma AI de suporte à gestão da qualidade que auxilie a organização. Consequentemente foi planeada a AI para o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) de um Hospital a qual permitiu desenvolver e implementar a aplicação QUALITUS¹. Esta aplicação informática proporcionou ganhos significativos na Unidade Hospitalar objeto de estudo.

Palavras-chave: Arquitetura de Informação; Gestão da Qualidade; Sistema de Informação; Saúde.

Information Architecture to Support Quality Management in Hospital Units

Abstract: Quality management occupies a strategic place in organizations, in addition to use of its tools in information architecture aligned facilitates the challenge of accomplishing more with less by promoting competitiveness and sustainability. In this context, and particularly in the health and hospital organizations are dependent on the ability to (re) define objectives quickly responding to changes in the needs and requirements of customers. Thus, hospitals depend on themselves to looking for advantage in the competitive market, upgrading their business processes. The information architecture (AI),

¹ QUALITUS, nome da aplicação informática desenvolvida, para suporte à Gestão da Qualidade de uma Unidade Hospitalar

enables organizations to better understanding but also facilitates (or not) the management. It is simpler to reinvent, redesign processes and procedures, build bridges and enable cooperation between the various actors of the organization. Thus there is the need to establish an AI quality management support that responds to requirements of quality and assist the management of the organization. Consequently the AI was planned for the Quality Management System (QMS) of a Hospital which allowed us to develop and implement the QUALITUS application. This software application provided significant gains in the Hospital Unit object of study.

Keywords: Information Architecture; Quality Management; Information Systems; Health.

1. Introdução

Na saúde são inúmeros os fatores que envolvem a qualidade, a começar pela própria qualidade da prestação de cuidados que dependem das capacidades clínicas dos seus profissionais (Rocha & Rocha, 2014), dependendo estas, do nível de diferenciação dos mesmos, da especialização, da formação contínua, das normalizações provenientes de estudos científicos e recomendações oficiais (CHKS, 2013). A adoção de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) é uma opção estratégica por parte dos serviços de saúde (DR, Despacho n.º 18226, 2009), mas não basta aprovar projetos de qualidade, ou implementar SGQ nas organizações de saúde, importa que estes programas assentem numa Arquitetura de Informação (AI) que favoreça a qualidade e agregue valor aos resultados em saúde (Bradley et al., 2012). Espera-se desta forma que haja um reflexo na melhoria e promoção da sustentabilidade dos serviços de saúde.

Ser efetivo, ou fazer mais e melhor, mais rápido, mais barato, mais do que uma vantagem é um requisito, sendo vivenciado por parte das organizações como preocupação constante. Esta inquietação com a sobrevivência, não vem de agora e é já referida por Peter Drucker (Drucker, 1999), reforçando a importância da sistematização dos processos, referindo que "cada organização deve concentrar os seus esforços, procurando cada vez mais informações de mercado, de modo a que, com os seus processos sistematizados, possa almejar a sobrevivência" (Drucker, 1999). Neste sentido parece legítimo perguntar se os Sistemas de Informação existentes nas Unidades Hospitalares respondem às necessidades de um SGQ? Esta questão, remete-nos para uma antiga, mas sempre atual, conceção da qualidade. Juran (1995) afirma que "qualidade é adequação ao uso", assim como afirma que "não há forma de definir qualidade sem atentar para o atendimento integral ao cliente". Para Juran, a qualidade é iniciada e finalizada no cliente, ou seja será necessário que as soluções sejam projetadas, desenvolvidas e geradas nos processos, envolvendo e promovendo relações mutuamente benéficas entre as partes interessadas (Juran, 1995).

Esta investigação teve o propósito de definir e validar uma AI formal de suporte à gestão da qualidade de uma unidade hospitalar, algo inédito em Portugal. Desenvolveu-se um estudo sobre conceitos e metodologias existentes, para que a AI a definir assentasse numa estrutura coesa, tendo igualmente por finalidade sustentar um produto final realmente útil, o QUALITUS, sistema informático para suporte da gestão da qualidade em unidades hospitalares. Os objetivos específicos deste trabalho passaram por:

- Descrever as características da Gestão da Qualidade (GQ) nas Unidades Hospitalares, determinando como a utilização de AI pode auxiliar na sua competitividade;
- Apresentar o processo de desenvolvimento de uma AI, de acordo com a bibliografia mais atual.
- Apresentar uma AI de Suporte ao SGQ de uma Unidade Hospitalar.

Com a concretização destes objetivos, estabeleceu-se o caminho para o desenvolvimento e implementação da aplicação informática de apoio à gestão da qualidade, QUALITUS.

Nas próximas secções apresenta-se a metodologia de investigação seguida no estudo, identificam-se metodologias representativas para o planeamento de arquiteturas de informação e apresenta-se o estudo de caso de definição e validação de uma AI formal de suporte à gestão da qualidade de uma unidade hospitalar. Por último, discutem-se os resultados, retiram-se algumas conclusões e aponta-se a direção do trabalho futuro.

2. Metodologia

Foi realizada uma revisão de literatura, incluindo a análise de teses e artigos científicos da área, a qual permitiu (re)conhecer várias abordagens, modelos e metodologias de planeamento de AI, bem como selecionar a que melhor se aplicava/adequava aos objetivos da investigação.

Recorreu-se ao método estudo de casos, sendo este muito adotado em trabalhos de investigação de carácter quantitativo e qualitativo (Höst & Runeson, 2008; Höst & Runeson 2007). Assim, a abordagem selecionada foi aplicada na organização onde se realizou o estudo de caso, do qual resultou um plano de AI para o SGQ, que incluía a sugestão de desenvolvimento de uma inovadora aplicação informática. Esta aplicação, denominada QUALITUS, foi desenvolvida na modalidade de subcontratação. O Ministério da Saúde Português apoiou financeiramente, na sequência de uma candidatura, o desenvolvimento desta aplicação. Assim foi possível responder a uma carência das Unidades Hospitalares, no que diz respeito à gestão da informação associada à qualidade. A AI desenvolvida permite aos hospitais a adoção de uma solução informática, fazendo com que o produto final, QUALITUS, seja útil à organização.

No desenvolvimento da aplicação QUALITUS optou-se por valorizar os seguintes aspetos, de acordo com um processo Ágil² de desenvolvimento de software:

- Os indivíduos e as interações acima de processos e ferramentas;
- *Software* funcional acima de documentação detalhada;
- Colaboração com o cliente acima de negociação de contratos;
- Ser compreensivo à mudança acima de concretização de um plano.

² Baseado no Manifesto Ágil da *Agile Alliance*, organização sem fins lucrativos, que promove o paradigma de desenvolvimento de software com metodologias “leves” (*lightweight methodologies*), ou ágeis

Esta abordagem enquadrou-se em pleno nas necessidades da organização e no processo de desenvolvimento deste projeto, atendendo a que teve como propósito:

- Satisfazer o cliente através de um processo de entregas rápidas e contínuas de *Software* com valor;
- Acatar alterações de requisitos, mesmo em estados avançados de desenvolvimento;
- Efetuar entrega de *software* funcional com frequência, com intervalos de poucas semanas ou poucos meses, com preferência para a escala temporal mais curta.

À Unidade Hospitalar coube definir as necessidades e requisitos, para o qual foi essencial o desenvolvimento da AI. À equipa técnica, responsável pelo desenvolvimento, coube avaliar o tempo necessário para implementar cada item e apresentar à Unidade Hospitalar a versão do sistema com o novo incremento de funcionalidades implementado. Cada resultado obtido foi avaliado e foi definido o conteúdo da ação seguinte.

3. A Gestão da Qualidade e os Sistemas de Informação

A sustentabilidade de uma organização é um dos grandes desafios, ao mesmo tempo que se pretende atingir níveis de eficácia e eficiência, com o objetivo de satisfazer os clientes, acrescentando valor aos seus produtos ou serviços.

Neste contexto, a informação é um ativo de vital importância para as organizações. É impensável uma organização sobreviver nos dias de hoje sem uma área de tecnologias de informação e comunicação a fim de gerir as informações operacionais e fornecer informação de gestão aos executivos, no *timing* adequado, abrangendo todas as vertentes do negócio, possibilitando aos gestores a tomada de decisões estratégicas acertadas ao bom desempenho da organização. Ao longo dos últimos anos têm sido desenvolvidas *standards* com o propósito de garantir e possibilitar uma melhor utilização deste recurso vital que domina o dia-a-dia das organizações. São exemplos:

- A ITIL - *Information Technology Infrastructure Library*;
- ISO/IEC 20000;
- O *Control Objectives for Information and related Technology* (CobiT®);
- ISO/IEC 27001;
- ISO/IEC 15504.

4. Modelos de Desenvolvimento de Arquitetura de Informação

O estudo de AI apela para a necessidade de analisar o conceito do termo arquitetura, que se encontra habitualmente associado à construção. Uma arquitetura centra-se na conjugação de diversos componentes com o objetivo de formar um todo integrado que satisfaça um determinado fim. A AI, numa organização encontra-se ligada à sua complexidade, no entanto é sempre necessário que todos os seus componentes sejam orquestrados tendo em vista atingir um objetivo comum. Como afirma Lankhorst (Lankhorst, 2013), para gerir a complexidade de uma grande organização ou sistema precisamos de uma arquitetura.

As soluções existentes de gestão de documentos da qualidade, não satisfazem a carência das organizações hospitalares na área da gestão da informação associada à qualidade. Assim importa desenvolver uma solução integrada de gestão da informação englobando a totalidade dos processos de qualidade da Unidade Hospitalar e não apenas a componente da gestão de documentos.

Neste estudo efetuou-se a identificação de várias abordagens, modelos e metodologias capazes de ajudarem a planear a arquitetura de informação de uma organização, nomeadamente:

- TOGAF – *The Open Group Architecture Framework* (OGS, 2011),
- Metodologia BSP - *Business Systems Planning* (IBM, 1984),
- Metodologia BSP Adaptada (Amaral & Varajão, 2007),
- *Framework* de Zachman (Zachman, 1996, Sowa & Zachman, 1992),
- *Federal Enterprise Architecture Framework* (EOPUS, 2012; Spewak & Hill, 1995),
- Metodologia *Enterprise Architecture Planning* (Sayles, 2003; CIOC, 2001).

Estas abordagens encontram-se consideradas na área de AI, sendo referidas, estudadas e aplicadas em trabalhos académicos (e.g., Rocha & Sá, 2014; Abbas et al. 2010; Huang & Wang 2010; Rocha & Santos, 2010; Mohammad, 2009; Mesquita, 2007; Casagrande, 2005; Tomé, 2004; Costa, 2002; Souza, 2001; Sakamoto & Ball 1982). Para aplicação no trabalho de desenvolvimento da AI à Unidade Hospitalar em estudo, selecionou-se a metodologia de Luís Amaral e João Varajão, na sua versão de 2007, adaptada da metodologia BSP da IBM (IBM 1984). A sua escolha deveu-se aos seguintes fatores:

- Boa documentação de suporte;
- Por ser inspirada na BSP original, mas apresentando-se com novos detalhes e com uma diferente organização das suas atividades ajustado à realidade atual;
- Por ir ao encontro dos fatores chave no sucesso do planeamento, desenvolvimento e implementação de uma AI, sendo este o objetivo deste trabalho;
- A facilidade em adequar as várias fases do método à realidade da Unidade Hospitalar;
- As matrizes que descrevem a AI permitirem com clareza e eficácia uma análise aos processos, às classes de dados, além de permitirem uma análise sobre os fluxos de informação o que facilita uma maior compreensão da arquitetura global;
- Com a utilização das matrizes: processos/entidades/classes de dados, permite a identificação clara e inequívoca, da AI de suporte à gestão da qualidade da unidade hospitalar.

5. Unidade Hospitalar Objeto do Estudo

Criada pelo DL 183/2008 de 4 de Setembro, a Unidade Hospitalar objeto de estudo tem como principal objetivo a prestação de cuidados de saúde à população da sua área de influência. A Unidade Hospitalar, integra a ULSAM (Unidade Local de Saúde do Alto Minho) e deseja elevar o nível de saúde da população residente pela obtenção de

maiores ganhos em saúde, pela otimização de recursos e pelo aproveitamento de sinergias, no universo de unidades prestadoras de cuidados de saúde do Distrito.

A estrutura orgânica do hospital é definida de acordo com a legislação aplicável, em grande medida encontra-se estabelecida no Decreto-Lei n.º 183/2008. O Hospital é uma pessoa coletiva de direito público, sendo neste caso, de natureza empresarial, dotada de autonomia administrativa, financeira e patrimonial, à qual é aplicável o regime jurídico do sector empresarial do Estado e das empresas públicas previsto no Decreto-Lei n.º 558/99, de 17 de Dezembro, com as especificidades previstas no Decreto-Lei n.º 183/2008, de 4 de Setembro, no qual se aplica igualmente todas as normas em vigor para o Serviço Nacional de Saúde.

5.1 Sistema de Gestão da Qualidade

O Manual da Qualidade e os procedimentos adotados pelos serviços do hospital objeto de estudo constituem um suporte material, o qual descreve a organização e o funcionamento do SGQ, de modo a garantir o cumprimento da Política da Qualidade. A organização do SGQ baseia-se na Norma NP EN ISO 9001. Os processos identificados abrangem e integram as atividades dos serviços de acordo com o modelo organizacional.

5.2 Modelo Organizacional do SGQ

Para a adequação do SGQ às atribuições da Unidade Hospitalar, é constituída uma Direção da Qualidade (DQ) com atribuições para a revisão pela gestão e tomada de decisão estratégica. A DQ sustenta a atividade da tomada de decisão tática das:

- **Comissão de Governação e Gestão de Risco Clínico** - Ao Nível da Gestão e Governação Global da Organização,
- **Comissão Local da Qualidade** - Ao Nível da Gestão operacional, em cada Serviço de Prestação de Cuidados

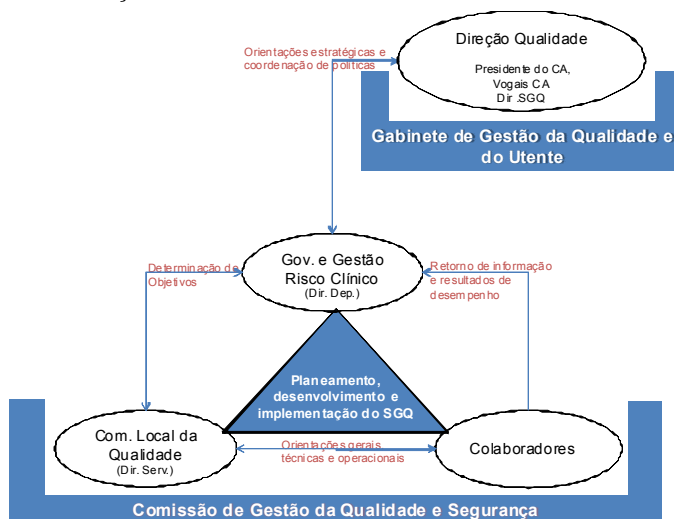


Figura 1 – Modelo Organizacional do SGQ

O planeamento, desenvolvimento e implementação do SGQ estrutura-se em 3 níveis operacionais, onde intervêm a DQ, as várias Comissões Locais da Qualidade e todos os colaboradores, sendo que o sistema é assessorado pela Comissão de Gestão da Qualidade e Segurança. A Figura 1 apresenta e representa de forma esquemática o Modelo Organizacional, bem como a relação existente entre os vários intervenientes.

5.3 Circuito de Informação

O circuito de informação tem por base o modelo organizacional, apresentado de forma esquemática na Figura 2, o modo de articulação entre os vários intervenientes que recebem e produzem informação necessária à “vida” do SGQ. Este fluxograma sustenta a informação necessária à produção, tornando-se fundamental para a elaboração do relatório e ata de revisão pela gestão.

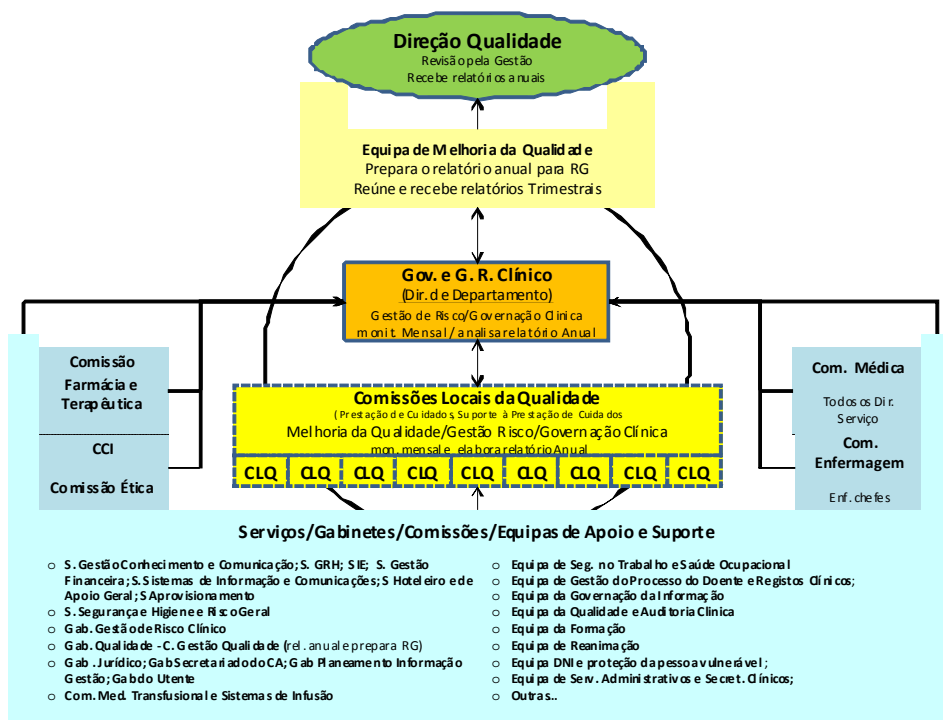


Figura 2 – Fluxograma do Circuito de Informação

Espera-se desta forma dar corpo à necessária produção de conhecimento. Este processo de gestão de conhecimento, alicerça-se nas atividades de reunir, analisar, armazenar e partilhar informação, produzindo conhecimento. O principal objetivo é a melhoria da eficiência através da redução da necessidade de redescobrir conhecimento. O conteúdo deve ser fácil de obter, consultar, reusar e facilitar a aprendizagem com base nas experiências registadas. Este conhecimento é obtido com origem nas diversas áreas, sendo atualizado com as informações do ambiente de produção. Este conhecimento é normalmente representado através de um gráfico DIKW - *Data, Information, Knowledge e Wisdom* (CIO, 2012).

De forma a sustentar o sistema, é necessário uma estrutura documental que evidencie a hierarquização e relação dos processos de gestão, realização e de suporte.

6. Arquitetura de Informação

Apresenta-se de seguida o caso da aplicação da metodologia BSP, adaptada por Varajão & Amaral (2007), para a elaboração e definição de uma Arquitetura de Informação formal de Suporte à Gestão da Qualidade da Unidade Hospitalar objeto de estudo.

A aplicação deste método justifica-se, por um lado porque desconhece-se a existência de outros trabalhos de PSI (Planeamento de Sistemas de Informação) para o suporte à gestão da qualidade em unidades hospitalares, por outro lado é reconhecida a necessidade de estruturar o suporte à gestão da qualidade, repensando todo o Sistema de Informação (SI).

Neste enquadramento surge a necessidade de descrever o âmbito e objetivo deste trabalho que passou por definir uma AI de Suporte à Gestão da Qualidade de uma Unidade Hospitalar. O seu propósito visou promover o desenvolvimento de um sistema de informação de apoio à Gestão da Qualidade, designado por QUALITUS.

Esperava-se que o SI a desenvolver:

- Garantisse o alinhamento da arquitetura de informação com o SGQ;
- Agregasse valor à conceção e desenvolvimento do SGQ;
- Atendesse ao espírito da Norma ISO 9001, à estratégia de desenvolvimento do SGQ e às características e dimensões do modelo organizacional do SGQ.

Para o sucesso do PSI é necessária uma compreensão dos requisitos da organização e da função sistemas de informação atuais e futuros (Amaral & Varajão, 2007).

Para essa compreensão é necessário reunir informações cruciais para o estudo através de reuniões, documentos internos e entrevistas. O modelo organizacional do SGQ produz e proporciona a informação necessária. Para tal foram utilizados os resultados das ferramentas do SGQ, como Auditorias, Não conformidades, Ações Corretivas e Preventivas, saídas das atas de revisão pela gestão, etc. Por outro lado, a consulta ao Manual da Qualidade permitiu, recolher a informação necessária, nomeadamente ao nível de:

- Recursos humanos e financeiros
- Serviços prestados
- Clientes
- Caracterização dos equipamentos e infraestrutura
- Características dos Sistemas de Informação

Bem como informação ao nível da Missão, Visão, Valores e Estratégia da organização. O Planeamento da Qualidade, constituiu igualmente um volume de informação, permitindo identificar os objetivos propostos e as metas estabelecidas.

A Abordagem por processos, associado à estrutura do regulamento interno da unidade hospitalar, proporcionou informação suficiente para determinar as entidades, os processos e as classes de dados.

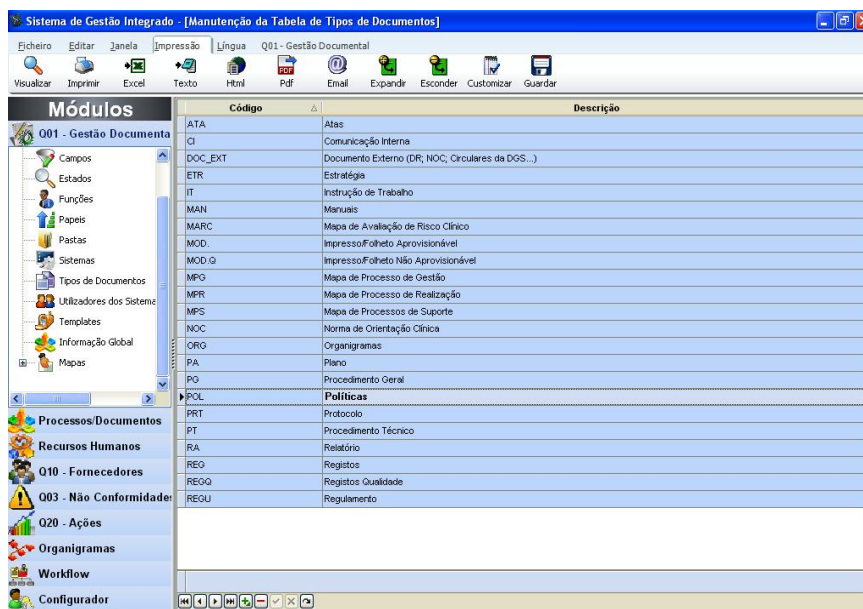
Uma entidade é algo sobre qual a organização deseja manter informação. Com base no modelo organizacional do SGQ (Figura 1) e no fluxograma do circuito de informação

(Figura 2), bem como através da matriz de processos do SGQ existente, foi possível identificar as principais entidades que intervêm nos vários processos da unidade hospitalar, nomeadamente: Conselho de Administração; Direção da Qualidade; Comissão de Governação e Gestão de Risco Clínico; Gabinete da Qualidade; Diretor da Qualidade; Gestor da Qualidade; Comissão de Gestão da Qualidade e Segurança; Comissões técnicas; Serviços/Gabinetes e equipas de apoio e Suporte; Diretores de Serviço; Comissão Local da Qualidade; “Dono” dos Processos; Colaboradores. Este conjunto de entidades define a estrutura organizacional do SGQ, contendo os tipos de elementos que intervêm nos processos.

Os processos da organização são como “grupos de decisões relacionadas logicamente” ou “atividades necessárias para gerir os recursos da organização”. De acordo com Amaral & Varajão (2007), a definição dos processos organizacionais promove:

- Um SI independente da estrutura organizacional;
- Compreensão de como a organização realiza a sua missão;
- Uma base para a definição da AI, identificando o seu âmbito, tornando-a modular e determinando prioridades para o seu desenvolvimento;
- Uma base para a identificação de requisitos chaves em termos de dados.

Relativamente às classes de dados, Amaral & Varajão (2007) referem que “é um agrupamento de dados relacionados com aspetos (ou entidades) que são relevantes para a informação”. As classes de dados devem representar dados que precisam de estar disponíveis para a realização das atividades da organização.



Código	Descrição
ATA	Atas
CI	Comunicação Interna
DOC_EXT	Documento Externo (DR, NOC, Circulares da DGS...)
ETR	Estratégia
IT	Instrução de Trabalho
MAN	Manuais
MARC	Mapa de Avaliação de Risco Clínico
MOD	Impresso/Folheto Aproveitável
MOD_Q	Impresso/Folheto Não Aproveitável
MPQ	Mapa de Processo de Gestão
MPR	Mapa de Processo de Realização
MPS	Mapa de Processos de Suporte
NOC	Norma de Orientação Clínica
ORG	Organigramas
PA	Plano
PG	Procedimento Geral
POL	Políticas
PRT	Protocolo
PT	Procedimento Técnico
RA	Relatório
REG	Registos
REGQ	Registos Qualidade
REGU	Regulamento

Figura 3 – Classes de Dados do Módulo Q01 - Gestão Documental

Baseado neste pressuposto e depois da identificação dos processos, foi possível representar e definir as principais classes de dados existentes na unidade hospitalar. A

Figura 3 apresenta as classes de dados associadas ao módulo Q01 – Gestão Documental, introduzidas na aplicação QUALITUS.

A descrição dos processos e classes de dados, permite estabelecer uma relação entre quem cria e quem usa os dados por cada processo. Estando os Processos identificados e descritos, podem ser relacionados os mesmos com a estrutura organizacional da unidade hospitalar. Este passo teve como finalidade, forçar a clarificação das entidades (omissões e inconsistências tornam-se logo claras), verificar se as relações entre processos e dados estavam corretas e estabelecidas e se todas as classes de dados e processos foram identificados.

Esta fase permite identificar o envolvimento e nível de decisão de cada entidade com os processos da organização. Após identificação, elaboração e validação de todos os processos e respectivas classes de dados, foi efetuada uma matriz relacional de forma a elaborar o desenho da AI, que vai permitir analisar a situação atual da organização, servindo de base a um diagnóstico estruturado dos constrangimentos e dificuldades atuais e futuras. Segundo os autores do Método BSP adaptado (Amaral & Varajão, 2007) aplicado neste trabalho, deve-se construir uma matriz, que contenha os processos no eixo vertical e as classes de dados no eixo horizontal (Figura 4).

Tipo de Processo	Processo	Sub processo	Classe de dados (algumas)																				
			PQ	ETR	MQ	RA	Ass	MIG	MFR	MFS	PG	MARC	PA	CI	PAA	Av. Eficiência da Formação	ORG	PT	IT	PCT	Indicadores Impressos	Av. Formadores e Formandos	Transferência de Informação - Cadastro e Estudo
Gestão	MPG Planejamento e Gestão		C	C	C	U	U	U															
	MPG Revisão pela gestão		U	U	U	C	C	C															
	PG_SGO					U	U		C	C	C										U		
	PG_FNC								U	U	C	C	C	U	U						U		
	PG_Auditorias								U	U	U	U	C	C	U	U						U	U
	PG 04 RH										U					C	C						U
Realização	MPR CSP	MPR_Saúde Familiar																					
		MPR_Saúde Comunitária																					
		MPR_Saúde Pública																					
	MPR Urgência Hospitalar																						
	MPR Ambulatório (Hospitalar)	MPR_Consulta Externa																					
		MPR Hospital de Dia						U		U				U			U	C	C	C	U	U	
		MPR Cirurgia do Ambulatório											U										
		MPR Fisioterapia e Reabilitação																					
	MPR Internamento																						
	MPR Apoio	MPR_MCDT																					
MPR Bloco Operatório/Partos																							
MPR Esterilização																							
Suporte	MPS Gestão Informação									U											C	U	U
	MPS Compras									U											C	C	U
	MPS Infraestruturas									U												C	U

Figura 4 – Matriz Processos / Classes de Dados (Grupos)

Paralelamente e aproveitando a construção da matriz com os processos no eixo vertical e as classes de dados no eixo horizontal, elaborou-se o cruzamento entre os processos e as classes de dados. Utilizou-se a letra ‘C’ (cria) para indicar as classes de dados, criadas pelos processos, e a letra ‘U’ (usa) para indicar os processos que usam as classes de dados (usa, altera ou elimina). Posteriormente importa desenhar o fluxo entre os grupos de processos. Para elaborar o diagrama de fluxos da AI, organizam-se os

processos de modo a que aqueles que têm muita partilha de dados fiquem próximos. Da mesma forma, reorganizam-se as classes de dados para que as mais próximas do eixo dos processos sejam criadas pelo primeiro processo listado, a seguinte (mais próxima) pelo segundo processo e assim consecutivamente. Depois de reorganizadas as linhas e colunas na matriz, é possível definir grupos de processos (Figura 4).

Estes conjuntos de processos são agrupados e encontrados por usarem as mesmas classes de dados. Identificando estes grupos, é possível definir o fluxo de informação entre eles. Com base nesta arquitetura de informação foi desenvolvido o sistema informático QUALITUS e implementado na unidade hospitalar alvo de estudo.

A aplicação informática QUALITUS assenta em dois tipos de plataformas:

- **Web**, para todos os utilizadores do SGQ;
- **Cliente/Servidor**, para os gestores do SGQ e colaboradores do gabinete de gestão da qualidade.

Estas opções estão relacionadas com o facto da unidade hospitalar objeto de estudo pertencer a uma Unidade Local de Saúde, a qual possui várias unidades de saúde espalhadas por todo o distrito.

A aplicação utiliza a tecnologia de desenvolvimento “Embarcadero” utilizando linguagem Delphi/Intraweb suportada numa base de dados SQL Firebird. Esta solução não tem limitação de número de utilizadores na exploração da aplicação, o acesso é concorrencial e permite aos vários utilizadores das aplicações (Web e cliente/servidor) acederem à informação pretendida em simultâneo, salvaguardando as regras de atualização estabelecidas.

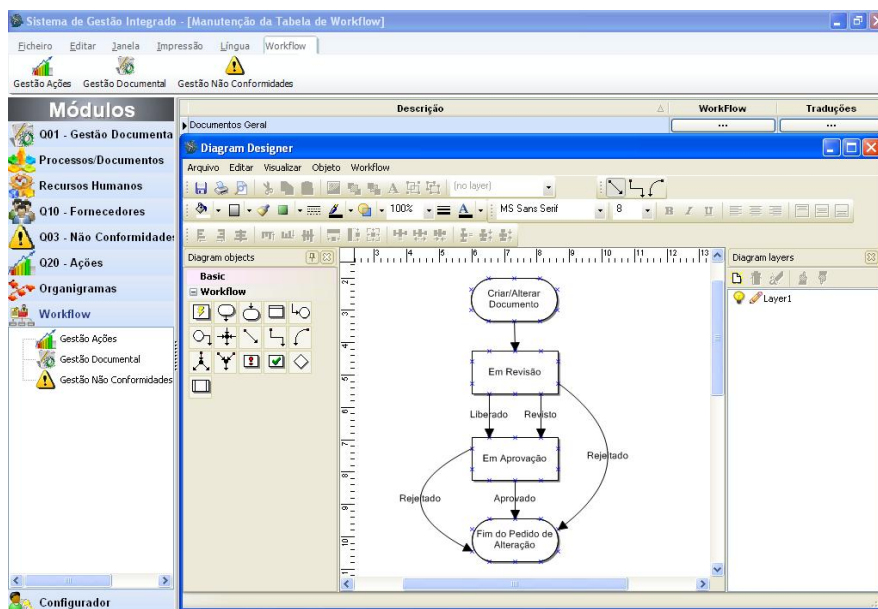


Figura 5 – Desenho do Workflow do Processo Gestão Documental

Como estrutura de apoio à gestão documental e outros processos, a solução QUALITUS disponibiliza ferramentas de *Workflow*, conforme o exemplo da Figura 5.

A possibilidade de desenhar diagramas, habilita a aplicação a dar resposta às constantes necessidades de atualização. Assim, o QUALITUS proporciona aos gestores do SGQ a capacidade de desenharem os seus processos, documentos e indicadores para que os mesmos sejam publicados em ambiente Web, e sejam explorados de uma forma simples e intuitiva.

7. Resultados e Conclusões

Este estudo teve por objetivo principal desenvolver uma Arquitetura de Informação de suporte a um SGQ de uma Unidade Hospitalar. Na origem deste estudo esteve o propósito pessoal e a necessidade da organização, existente já há algum tempo, da definição e implementação formal do SGQ, baseado numa AI adequada. O desenvolvimento desta arquitetura de informação permitiu:

1. Melhorar a qualidade do serviço: possibilitou agilizar as necessidades e requisitos de gestão documental às expectativas dos utilizadores, sendo possível, através do controlo aplicacional QUALITUS verificar e controlar a acessibilidade documental;
2. Aumentar o número de utilizadores a usar e aceder aos documentos da qualidade. Este aumento deve-se ao facto da obrigatoriedade, ou seja, os documentos passaram a estar apenas disponíveis na aplicação QUALITUS;
3. Reduzir o tempo médio de resposta às solicitações dos utilizadores para disponibilizar/informar do estado de um documento;
4. Reduzir o tempo gasto na execução de tarefas associadas à gestão e controlo documental;
5. Aumentar o controlo na atividade do Gabinete de Gestão da Qualidade, permitindo a elaboração de relatórios de atividade mais fiáveis em termos de serviços prestados;
6. Melhorar a definição de procedimentos de gestão e controlo de documentos e registos.

Com esta AI e com a operacionalização da mesma através das políticas, procedimentos e normativos, obteve-se um SGQ mais eficaz, eficiente e capaz de satisfazer as necessidades dos utilizadores e da gestão de topo.

Contributos

A primeira contribuição deste trabalho foi a sistematização da revisão bibliográfica entre Gestão da Qualidade e os SI.

A segunda contribuição foi a descrição dos processos de um SGQ existente e a sua análise detalhada tendo por base a documentação e as práticas existentes.

A terceira contribuição é a AI de Suporte à Gestão da Qualidade, desenvolvida e apresentada, a qual permitiu estabelecer as bases para a conceção e desenvolvimento de um SI de Apoio à Gestão da Qualidade QUALITUS.

A concretização deste objetivo teve em consideração a vontade estratégica por parte da Unidade Hospitalar em alinhar o seu SI com as novas exigências de gestão, ao nível de melhorar o acesso à informação, facilitar a comunicação interna de uma forma mais rápida, garantindo o conhecimento de requisitos legais.

Limitações e trabalho futuro

Na realização deste trabalho, constatou-se que um dos grandes problemas com que as Unidades Hospitalares se deparam é a deficiente articulação dos sistemas informáticos instalados, associado ao não-alinhamento com as políticas implementadas e desejadas.

O excesso de informação “lixo” gerida atualmente pelo sistema de gestão documental QUALITUS, é o principal entrave e constitui o desafio futuro de forma a potenciar a arquitetura de informação.

Este trabalho não está esgotado, pelo contrário é apenas parte do planeamento inicial do sistema de informação QUALITUS. Deve pois ser continuado, melhorado e completado de forma a explorar as potencialidades do SI de apoio à gestão da qualidade.

A adequabilidade do conteúdo da informação gerida pelo Sistema de Gestão Documental deverá ser ajustada, para a qual muito contribuirá a disponibilidade e acessibilidade da informação a todos os colaboradores da Unidade Hospitalar.

Referências

- Abbas, A. e. (2010). A Method for Benchmarking Application in the Enterprise Architecture Planning Process Based on Federal Enterprise Architecture Framework. Shahid Beheshti Un: Computer Engineering Department.
- ACSS. (2012). Programa Nacional de Acreditação em Saúde. Obtido em 20 de Março de 2012, de ACSS: <http://www.acss.min-saude.pt/Portals/o/programanacionaldeacreditacaoemsaude.pdf>.
- Amaral, L., & Varajão, J. (2007). Planeamento de Sistemas de Informação. 4ª Edição, FCA- Editora de Informática.
- Bradley, R. V., Pratt, R. M. E., Byrd, T. A., Outlay, C. N. and Wynn, D. E. (2012), Enterprise architecture, IT effectiveness and the mediating role of IT alignment in US hospitals, *Information Systems Journal*, 22(2), 97-127. doi: 10.1111/j.1365-2575.2011.00379.x
- Casagrande, N. G. (2005). Metodologia para Modelagem de Arquitetura de Informação estratégica para pequenas empresas: Uma aplicação no setor de turismo rural. Florianópolis /SC: Universidade Federal de Santa Catarina.
- CHKS. (2013). Caspe Healthcare Knowledge Systems. Obtido em 16 de Dezembro de 2013, de CHKS: <http://www.chks.co.uk/index.php?id=528>.
- CIO. (2012). DIKW. Obtido em 10 de Outubro de 2012, de CIO Update: <http://www.cioupdate.com/cio-insights/implementing-knowledge-management-part-i-concepts-approach-1.html>.

- CIOC (2001). Federal Enterprise Architecture Framework. Version 1.0, Chief Information Officers Council, USA.
- Costa, P. (2002). A função Produção de SI/TI – Modelo Informacional. Braga: Universidade do Minho.
- DGS. (2011). Manual de Acreditação de Unidades de Saúde. Gestão Clínica. Lisboa: Departamento da Qualidade na Saúde.
- DGS. (2012). Direção Geral de Saúde. Obtido em 12 de Novembro de 2012, de Departamento da Qualidade na Saúde: <http://www.dgs.pt/ms/8/default.aspx?id=5521>
- DR. (6 de Agosto de 2009). Despacho n.º 18226. Diário da República. Portugal: INCM.
- Drucker, P. (1999). Os novos paradigmas da administração. Exame, pp. 34-64.
- ERS. (2012). Plano de Atividades de 2013. Lisboa: Entidade Reguladora da Saúde.
- ERS. (2013). ERS. Obtido em 12 de Novembro de 2013, de SINAS: <http://www.ers.pt/>.
- EOPUS (2012). The Common Approach Federal Enterprise Architecture, Executive Office of the President of the United States.
- Huang, S. & Wang, X. (2010). Research on Methods of Integrated Information Systems Based on BSP, Proceedings of The 2010 Fourth International Conference on Genetic and Evolutionary Computing, pp. 546-549. IEEE Computer Society.
- Höst, M. & Runeson, P. (2007). Checklists for Software Engineering Case Study. Software Engineering Research Group, Lund University, Sweden.
- Höst, M. & Runeson, P. (2008). Guidelines for conducting and reporting case study. Software Engineering Research Group, Lund University, Sweden.
- Juran, J. (1995). History of Managing for Quality: The Evolution, Trends, and Future Directions of Managing for Quality. Milwaukee: ASQC Quality Press.
- IBM. (1984). Business System Planning - Information Systems Planning Guide. IBM products.
- ISO. (2012). ISO Survey 2012. Obtido em 16 de Dezembro de 2013, de ISO: http://www.iso.org/iso/iso-survey_2012.zip
- ISO/IEC. (2013). ISO/IEC Directives, Part 1 — Consolidated ISO Supplement — Procedures specific to ISO. Obtido em 30 de Abril de 2013, de ISO: <http://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=4230452&objAction=browse&sort=subtype>
- Lankhorst, M. (2013). Enterprise Architecture at Work: Modelling, Communication and Analysis, 3rd Edition, Springer-Verlag. doi: 10.1007/978-3-642-29651-2_1
- Mesquita, A. (2007). Tecnologias e Sistemas de Informação para a indústria da panificação e pastelaria: proposta de uma arquitectura de informação. Dissertação de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

- Mohammad, D. (2009). A New Methodology For Developing The MIS Master Plan. Review of Business Information Systems, 13(1), 15-24.
- NP EN ISO 9001. (2008). Sistemas de gestão da qualidade. Requisitos (ISO 9001:2008). Portugal: IPQ.
- OGS (2011), TOGAF version 9.1. The Open Group.
- Rocha, Á., & Santos, P. (2010). Introdução ao Framework de Zachman. Porto: Universidade Fernando Pessoa.
- Rocha, Á. & Rocha, B. (2014). Adopting nursing health record standards, Informatics for Health & Social Care, 39(1), 1 - 14. doi: 10.3109/17538157.2013.827200
- Rocha, Á., Sá, F. (2014). Planning the Information Architecture in a Local Public Administration organization. Information Development, 30(3), 223-234. doi: 10.1177/0266666913489841.
- Sá, F. (2011). Proposta de uma Arquitectura de Informação para a Secção de Obras Particulares do Município de Penacova, Dissertação de Mestrado. Porto: UFP.
- Sá, F. e Rocha, Á. (2012). Definição da Arquitetura de Informação em organismo da Administração Pública Local. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, 10, 51 - 64. doi: 10.4304/risti.10.51-64 .
- Sakamoto, J. G. e Ball, F.W. (1982). Supporting Business Systems Planning studies with e DWDC Data Dictionary. IBM products.
- Sayles, A. (2003). Development of Federal Enterprise Architecture Framework using the IBM Rational Unified Process and the Unified Modeling Language. Software Group, IBM, USA.
- Sowa, J. F. & Zachman, J. A. (1992). Extending and formalizing the framework for information systems architecture. IBM Systems Journal, 31(3), 590-616.
- Spewak, S. H. & Hill, S. C. (1995). Enterprise Architecture Planning: Developing a Blueprint for Data, Applications, and Technology. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Tomé, P. R. (2004). Modelo de Desenvolvimento de Arquitecturas de Sistemas de Informação. Guimarães: Universidade do Minho, Escola de Engenharia Guimarães. Tese Doutoramento.
- ULSAM. (2011). Portal da ULSAM. Obtido em 16 de Novembro de 2013, de Regulamento Interno: http://portal.cham.min-saude.pt:7778/portal/page/portal/CHAM/REGULAMENTO_INTERNO_ULSAM%20vers%E3o%20final.pdf
- Zachman, J. A. (1996). Enterprise Architecture: The Issue of the Century. Foothill Blvd: Zachman Institute.

TICE.Healthy: Integração de soluções TIC para a "Saúde e Qualidade de Vida"

Virginie Felizardo ^{1,2}, Paula Sousa ^{1,2}, Daniel Oliveira ^{1,2}, Celina Alexandre ^{1,2}, Nuno C. Garcia ^{1,2}, Nuno M. Garcia ^{1,2,3}

{virgine, paulasousa, danieloliveira, celinaalexandre, ncgarcia, ngarcia}@it.ubi.pt

¹ Universidade da Beira Interior, Rua Marquês d'Ávila e Bolama, 6201-001 Covilhã, Portugal

² Assisted Living Computing and Telecommunications Laboratory (ALLab), Instituto de Telecomunicações, Covilhã, Portugal

³ Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisbon, Portugal

DOI: 10.17013/risti.14.17-32

Resumo: Este artigo descreve o projeto português TICE.Healthy, que possui como principal meta a integração de soluções de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para a "Saúde e Qualidade de Vida". Este projeto integra oito sub-projetos que visam a disponibilização de aplicações numa plataforma *web*, denominada eVida, permitindo a partilha e troca de informação e dados médicos, utilizando formatos padrão. Cada um dos sub-projetos possui dados de natureza diferente e, por este motivo, para que a sua integração seja eficiente, foram desenvolvidas diferentes estratégias de definição, uso e integração de informação. Este artigo aborda com mais detalhe um destes sub-projetos, o Metabolic.Care, sendo apresentadas as estratégias adotadas, as melhores práticas encontradas para resolver os problemas, as oportunidades e os riscos, e as dificuldades encontradas.

Palavras-chave: TICE.Healthy; Metabolic.Care; eSaúde; qualidade de vida; interoperabilidade.

TICE.Healthy: Integration of ICT solutions for "Health and Quality of Life"

Abstract: This paper describes a portuguese project, TICE.Healthy, which has as main goal the integration of ICT solutions for "Health and Quality of Life". This project includes eight sub-projects aimed at providing applications in a web platform named eVida, allowing for sharing and exchange of information and medical data using standards. Each of the sub-projects has data from different nature and, for this reason, strategies are being developed for an efficient integration. This paper discusses in greater detail the sub-project Metabolic.Care, the strategies that were adopted, the found best practices, opportunities and risks, and presented difficulties.

Keywords: TICE.Healthy; Metabolic.Care; eHealth; quality of life; interoperability.

1. Introdução

A temática Saúde tem sido um dos grandes focos das soluções TIC que visam melhorar a qualidade de vida das pessoas e a eficiência de operacionalização dos processos, reduzindo os custos e minimizando o número de eventuais erros clínicos, e permitindo também que os pacientes tenham algum controlo sobre os seus dados médicos e estado da sua saúde.

Este tipo de soluções baseia-se na "A percepção do indivíduo, da sua posição na vida, no contexto da cultura e sistema de valores nos quais está inserido, em relação aos seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações", que é a definição atual de Qualidade de Vida proposta pelo Grupo WHOQOL em 1994 (WHOQOL Group, 1997).

Existem, hoje em dia, soluções que visam responder a estas necessidades, como por exemplo, plataformas *web*, e que estão focadas no utilizador, seja este o paciente, o profissional de saúde ou ambos (Infosys, www.infosys.com; Continua Health Alliance, <http://www.continuaalliance.org/>; Xikang Healthcare Management Platform, www.neusoft.com; Qualcomm Life, www.qualcomm.life.com/; AT&T mHealth Platform, <https://mhealth.att.com/>). Essas plataformas são, na maioria dos casos, implementadas de forma a permitir o acesso às mesmas num ambiente familiar, promovendo a independência e proporcionando aos pacientes a oportunidade de fazer uma gestão personalizada da sua saúde e bem-estar. Na Tabela 1 são apresentados mais alguns exemplos de plataformas *web* existentes.

Tabela 1 – Plataformas *web* com aplicação e-Health.

Plataformas <i>web</i>	Site
<i>Patients Like Me</i>	http://www.patientslikeme.com
<i>Patients Innovation</i>	https://patient-innovation.com/
<i>Cure Together</i>	http://curetogether.com
<i>Daily Strength</i>	http://www.dailystrength.org
<i>Inspire</i>	http://corp.inspire.com
<i>HealthVault</i>	https://www.healthvault.com
<i>Everyday Health</i>	http://www.everydayhealth.com
<i>CarePages</i>	https://www.carepages.com
<i>Healthline</i>	http://www.healthline.com
<i>WebMD</i>	http://www.webmd.com
<i>Patients Fusion</i>	http://www.patientfusion.com
<i>HealthTap</i>	https://www.healthtap.com

O projecto TICE.Healthy (2011-2014) (<http://tice.healthy.ipn.pt/index.php/en/>) é financiado pela União Europeia e pelo Governo Português, ancorado ao Programa TICE.PT – Pólo de Competitividade e Tecnologia, mobilizado para as Tecnologias de Informação Comunicação e Electrónica (TICE) (<http://tice.pt>). De acordo com o

website oficial, o Cluster TICE.PT tem como missão construir uma plataforma que integre e envolva os principais intervenientes das TICE nos processos de inovação, investigação e desenvolvimento, transferência de conhecimento, internacionalização, entre outras.

Com base na missão e objetivos do pólo TICE.PT, o projecto TICE.Healthy tem como principal objetivo potenciar a presença de entidades portuguesas nos mercados globais na área estratégica “Saúde e Qualidade de Vida”, e representa um esforço colaborativo de empresas e organizações para a concepção e comercialização de produtos inovadores no domínio do e-health. Este projecto pretende contribuir de forma activa, no esforço nacional de intensificação e valorização de I&DT e na criação de conhecimentos com vista ao aumento de competitividade das empresas nacionais, bem como ajudar a promover a articulação entre estas diversas entidades.

O restante artigo está organizado da seguinte forma: este parágrafo conclui a secção I, a Introdução, onde foi feita uma contextualização do projeto, das suas metas e linhas orientadoras, e onde é ainda apresentado um estado da arte relativamente às plataformas *web*; na secção II será feita uma descrição do TICE.Healthy e dos vários grupos de trabalho (sub-projetos), arquitetura, protocolos de comunicação e padrões médicos; na secção III é descrito um dos sub-projetos, o Metabolic.Care, onde se apresentará os objetivos deste, detalhando algumas das etapas do seu planeamento e onde apresentamos algumas tecnologias existentes para avaliação do pé diabético; na secção IV apresentamos a solução proposta, alguns resultados e ponto de situação. Para finalizar a secção V, a Conclusão, apresenta as boas práticas deste projeto, bem como os riscos e dificuldades encontradas.

2. Enquadramento do TICE.Healthy

2.1. Produtos, Processos ou Sistemas

Como referido anteriormente, o objetivo principal do TICE.Healthy é a criação de uma plataforma que disponibiliza soluções centradas na “Saúde e Qualidade de Vida”. Isto é conseguido através de quatro linhas de ação:

- We.Can: plataforma que disponibiliza produtos, processos ou sistemas (PPS) para a Saúde e Qualidade de Vida (a cargo do PPS #1);
- We.Can Connect: interoperabilidade entre sistemas para a Saúde e Qualidade de Vida (a cargo do PPS #2);
- Produtos e Serviços para a Saúde e Qualidade de Vida (a cargo dos restantes PPS's);
- Apoio ao desenvolvimento de modelos de negócio: resultado de tarefas entre todos os PPS's.

De forma a entender a complexidade da integração da informação médica no TICE.Healthy, cada um dos grupos de trabalho, e a natureza dos formatos de dados médicos que cada um manipula, é descrito a seguir:

O PPS #1, We.Can, liderado pelo IPN – Instituto Pedro Nunes, tem como principal objetivo o desenvolvimento da plataforma, que aloja os serviços e produtos, permitindo a interoperabilidade física e semântica entre todos os intervenientes. Esta plataforma oferece um conjunto de serviços e cuidados de saúde que, de forma mais ou menos informal, permite uma melhor qualidade de vida. Também oferece soluções que funcionam em ambientes móveis e estacionários, conferindo segurança, confiabilidade e baixa manutenção.

De forma a garantir a interoperabilidade na troca de mensagens e persistência de dados em toda a plataforma We.Can., i.e., entre todos os utilizadores, surge o We.Can Connect, PPS #2, liderado pela Maisis. Através deste sub-projeto, outras entidades externas podem tirar proveito da plataforma, utilizando o sistema e as aplicações existentes. Foi ainda criado um repositório de dados, que pode ser utilizado por especialistas na área da saúde.

O PPS #3, MindCare, é liderado pela MediaPrimer, e tem como foco melhorar a qualidade de vida de pacientes com Alzheimer ou Doença de Parkinson, das suas famílias e das pessoas responsáveis pelos seus cuidados de saúde. Esta solução fornece ferramentas que ajudam a avaliar a condição desses pacientes, tais como grau de conforto, qualidade do sono, monitorização em descanso e condições do ambiente envolvente. A análise desses dados vai permitir uma melhor compreensão tanto sobre o ambiente envolvente como da informação do próprio paciente e permitir, assim, a prescrição de uma assistência mais adequada.

O principal objetivo do PPS #5, BodyInteract, liderado pela Take the Wind, é o desenvolvimento de uma tecnologia que combine uma rica interação visual com algoritmos precisos de apoio à decisão. Esta tecnologia de simulação será uma aposta na educação de profissionais de saúde, proporcionando simulações médicas emersivas, sendo suportada por diversos documentos científicos.

O Be.Aware, PPS #7, é liderado pela Inova Mais, e tem como objetivo o desenvolvimento de um conjunto de módulos baseados em dispositivos móveis para realizar uma vigilância epidemiológica. Para isso, o sistema coleta informações automaticamente, como a localização do paciente, dos profissionais e equipamentos de saúde, e fornece interação em tempo real entre os pacientes, paciente/equipamentos e utilizador/espço. Através da integração de dados com informações adquiridas a partir do Sistema de Informações Hospitalares (planeamento de recursos empresariais, laboratório, farmácia, etc.), o sistema torna possível a identificação e a monitorização precoce de doenças infecciosas.

O PPS #8, Physical Rehab, liderado pela Exatronic, tem como foco o equilíbrio e a coordenação motora, que é um problema grave entre os idosos, uma vez que resulta em lesões, deficiências e, muitas vezes, leva a quedas que podem ter graves consequências. Este sub-projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de reabilitação física para um cenário de utilização doméstica, de forma a melhorar o controlo postural, equilíbrio e coordenação motora. É um dispositivo portátil para controlar a transferência de carga integrada neste sistema, bem como um conjunto de sensores para avaliar dados de movimento, e um dispositivo médico que permite à pessoa acompanhar o seu plano de reabilitação, monitorizar o progresso e corrigir a execução do exercício.

O PremoGeoU, PPS #9, liderado pela Inov, aborda a questão da coleta de medidas relacionadas com os parâmetros clínicos de cada paciente através de meios eletrónicos. Neste sub-projeto, o objetivo é a implementação da integração dos dados coletados por meio de uma rede heterogénia de sensores, com procedimentos automáticos para o registo e análise dos resultados individualizados. Este cenário colaborativo é de extrema importância para os pacientes com doenças crónicas, porque faz que estes possuam uma participação mais activa na prevenção da doença.

O PPS #10, Metabolic.Care, liderado também pela Exatronic, tem como foco uma solução que monitorize e dê *feedback* da evolução da sintomatologia associada ao pé diabético em pacientes com *Diabetes mellitus* (DM). Este sub-projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um dispositivo que permita a avaliação da sintomatologia associada ao pé diabético do paciente, no contexto de uma consulta médica convencional, e que, através da aplicação que estará alojada na plataforma *web*, ele próprio possa consultar o seu histórico de consultas e assim ter uma participação mais ativa no controlo da doença. Esta solução será abordada com maior pormenor na secção III.

Os sub-projetos PPS #4 e o PPS #6 não constam na lista anterior, pois não foram aprovados para financiamento e, por isso, foram lançados para fora do projeto. Porém, existe uma vasta gama de assuntos e tópicos de eSaúde relacionados, todos compartilhando os mesmos repositório e arquétipo, as mesmas arquiteturas e estruturas, e a mesma base de dados, conforme detalhado na sub-seção seguinte.

2.2. Arquiteturas do sistema de informação no TICE.Healthy

Sendo o objetivo principal do projeto o desenvolvimento de uma plataforma *web* inovadora que permita um rápido desenvolvimento e integração de uma ampla gama de aplicações para a Saúde e Qualidade de Vida, o TICE.Healthy escolheu uma abordagem de Arquitetura Orientada a Serviços. A plataforma é baseada em *software Open Source* e padrões médicos, facilitando assim a interoperabilidade e integração de sistemas. Prevê-se também que isto irá trazer uma relação custo-benefício mais vantajosa para os serviços de saúde, e permitirá que os utilizadores finais desfrutem de uma vida com melhor qualidade. A plataforma garante a interoperabilidade de sensores, dispositivos, serviços e outros sistemas, a nível físico e semântico, com particular detalhe para a integração de dispositivos e aplicações móveis. O sistema é desenvolvido em Java, e está a ser implantado como um pacote (WAR) num ambiente de servidor de aplicações J2EE, como por exemplo, Tomcat/JBoss.

A Figura 1 apresenta o diagrama funcional do fluxo de dados na plataforma TICE.Healthy, onde se pode ver como o modelo desenvolvido pelo We.Can (PPS #1) irá configurar a interface de utilizador para as aplicações implementadas pelos diversos PPS's (marcadas como *External systems*), e, ao mesmo tempo, como os dados são armazenados num repositório compatível, *Reference Information Model* (RIM), interligados pelo *Mirth Connect*, que comunica com as aplicações externas. É de notar também a forma como o *Mirth Connect* comunica com eventuais plataformas de dados de saúde. Os dados em aplicações externas também estão relacionados com os arquétipos armazenados, que são usados como blocos de construção para as aplicações na plataforma.

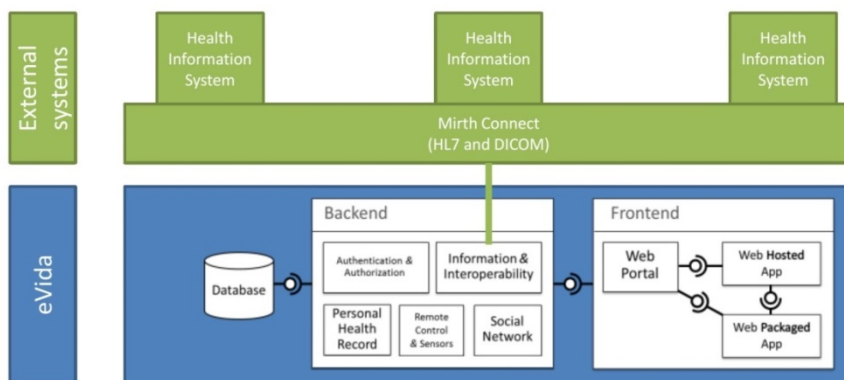


Figura 1 – Diagrama funcional da plataforma eVida

Os arquétipos representam o modelo de domínio, sendo este modelado através de um conjunto de regras e lógicas baseadas em XSD (*eXtended Markup Language Schema Definition Language*). Estes arquétipos são utilizados para criar código, responsável por atribuir persistência, serviço e apresentação básica em camadas CRUD (Criar, Ler, Atualizar, Excluir, do inglês *Create, Read, Update, Delete*).

Esta estratégia é normalmente conhecida como *Scaffolding*, permitindo a criação de código que reflete os arquétipos modelados, que são blocos de construção reutilizáveis de aplicativos da plataforma. O código gerado é implementado automaticamente e deve ter em conta problemas, como por exemplo, versões, consistência, segurança e desempenho.

A criação de código é a chave para aumentar a produtividade da plataforma, permitindo que os consumidores (as aplicações) tenham uma interação com o CRUD RESTful APIs (Aplicativo Representacional de Transferência do Estado das Interfaces de Programação), que expressa conceitos de negócios (Arquétipos). Cada bloco de código criado terá as seguintes camadas CRUD: *Simple Web View*, Serviço, Negócio e Dados.

De entre outras funcionalidades, a arquitetura desenhada para o TICE.Healthy permite o seguinte: invocação, incluindo transporte assíncrono/síncrono, mapeamento e registo de serviços; encaminhamento; mediação (adaptadores, transformação de protocolos, enriquecimento); serviço de mensagens (processamento, transformação, enriquecimento); orquestração de serviços (coordenação de serviços “*top-down*”); coreografia de processos; processamento de eventos complexos (interpretação, correlação, reconhecimento de padrões); qualidade de serviço (criptação, assinatura, entrega fiável, etc); gestão (monitorização, autenticação, auditoria, consola de administração, monitorização activa de negócio (MAN)).

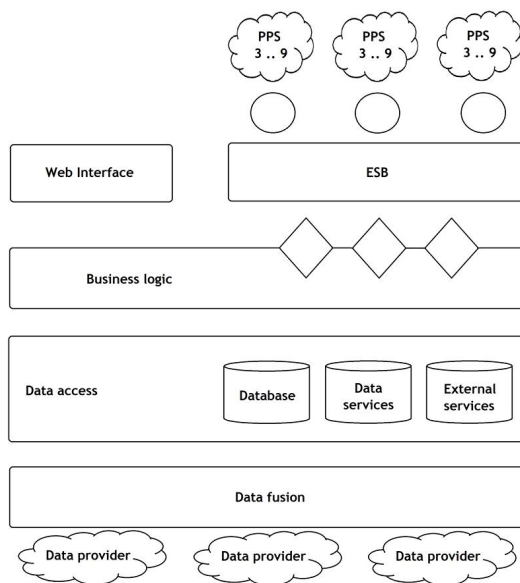


Figura 2 – Arquitetura interna da plataforma eVida

O We.Can Connect (PPS #2) é responsável por desenhar e implementar a infraestrutura tecnológica transversal a todos os PPS's, com as camadas CRUD, para entidades de gestão de arquétipos/negócio. A Figura 2 mostra a arquitetura interna da plataforma TICE.Healthy. Na camada de fusão de dados, as eventuais mensagens HL7 que circulam na versão 2.X são convertidas para a versão 3 de forma a assegurar a interoperabilidade e possibilitar a persistência destas mensagens no repositório definido. Esta camada serve de interface com a camada de acesso a dados e com os diferentes fornecedores de dados. Na camada de negócio, as entidades empresariais são definidas em arquétipos que são específicos para o seu domínio, retendo dados importantes de negócio e regras, sendo que estas entidades são construídas por mapeamento e agregação dos dados presentes no repositório RIM. Esta camada inclui uma camada de serviço (não apresentada na Figura 2) que providencia acesso bruto aos dados e também acesso e gestão ao arquétipo definido para futura reutilização. Estes arquétipos são vistos como padrões (ou fórmulas) para a normalização das entidades empresariais, sendo facilitadores que podem acelerar a criação de aplicações sobre a plataforma. A camada de negócio inclui uma camada opcional de aplicação que é responsável pela criação e edição de entidades empresariais (arquétipos). Finalmente, existe um componente comum que fornece serviços, tais como auditoria, ocultação e segurança (autorização e autenticação). A camada *Enterprise Service Bus* (ESB) fornece os serviços que vão ser acedidos por outros PPS's. A camada de *Interface Web* é responsável pela apresentação dos dados.

2.3. Protocolos de comunicação no TICE.Healthy

De forma a garantir a interoperabilidade em todo o modelo de arquitetura (ver Figura 2), e com outros intervenientes no contexto de eSaúde, devem ser utilizados padrões. No entanto, a interoperabilidade desejada pode trazer questões sensíveis, como a segurança, que, no caso de dados médicos, ainda se torna mais sensível. O desenvolvimento de sistemas de informação capazes de complementar os cuidados de saúde trouxe questões relevantes baseadas na privacidade e segurança dos dados armazenados nestes sistemas, devido à sua natureza sensível (Dong *et al.*, 2012).

A standarização dos dados de saúde com *Health Level Seven* (HL7) e *Digital Imaging Communications in Medicine* (DICOM) (entre outros) melhora a interoperabilidade entre os diversos sistemas. A *Health Level Seven* (HL7) é uma das diversas organizações responsáveis pelo desenvolvimento de padrões certificados pelo ANSI (*American National Standards Institute*) que opera na área de saúde. Muitas organizações produzem standards (muitas vezes chamados de especificações ou protocolos) para áreas específicas da saúde, como farmácia, equipamentos médicos, imagens e transações de seguradoras. O HL7 é específico para dados clínicos e administrativos, e define como esses dados de saúde devem ser trocados e traduzidos entre sistemas de computadores. Ele fornece uma estrutura (e normas relacionadas) capaz de partilha, integração, recuperação e troca de dados de acordo com o que essas normas definem (Minnesota e-Health Initiative and the Minnesota Department of Health, 2013).

Por outro lado, o DICOM é um padrão que define protocolos utilizados para a troca de imagens médicas, juntamente com algumas informações associadas (por exemplo, a identificação do paciente, a identificação do operador, data/hora de aquisição, etc.) entre os profissionais de saúde e sistemas de informação. Assim, cada imagem pode ser exibida em qualquer sistema, independentemente do local onde foi criada (Minnesota e-Health Initiative and the Minnesota Department of Health, 2013).

Devido à natureza sensível dos dados clínicos e à prevalência de normas de privacidade de dados rigorosas, o consentimento do paciente é o controlo de acesso privilegiado na plataforma eVida. A segurança dos dados tem um impacto significativo sobre a privacidade, confidencialidade, qualidade e integridade dos mesmos. Manter a validade dos dados transferidos entre sistemas em mensagens é também fundamental para garantir a integridade destes. O TICE.Healthy integra mecanismos que melhoram a segurança e ajudam a evitar a manipulação, divulgação, remoção ou destruição de dados sem as permissões adequadas (Accenture, 2010). O uso de padrões como o HL7 e DICOM torna possível que a plataforma TICE.Healthy garanta a compatibilidade e interoperabilidade com uma ampla gama de plataformas e dispositivos; além disso, a existência de interfaces *Open Source* para HL7 vem reforçar esta estratégia (Mirth Corporation, 2014).

3. Metabolic.Care

3.1. Fundamentação

Este sub-projeto, PPS #10, pretende desenvolver uma solução de acompanhamento e feedback para os doentes com *Diabetes mellitus* (DM), que apresentem sintomatologia associada ao pé diabético, tendo absoluta consciência de que estes quadros representam uma preocupação crescente na sociedade, fruto das alterações dos estilos de vida e da alimentação.

A DM é causa frequente de amputação de membros inferiores em resultado da ulceração dos pés que pode ser prevenida com monitorização. Estima-se, de acordo com informação da Federação Internacional da Diabetes de 2005, que 85% destas amputações (International Diabetes Federation, 2012) poderiam ser reduzidas com sistemas de eSaúde, sendo que a deteção precoce do pé diabético é uma linha de investigação pouco explorada, o que vem trazer maior relevância a este PPS. À semelhança de outras situações de doença, o auto-conhecimento poderá conduzir a alterações de comportamento por parte dos doentes, que permitam antecipar problemas de vascularização das extremidades do corpo, com especial ênfase para o pé diabético, e, deste modo, tornarem-se mais ativos em todo o processo da doença.

A primeira atividade deste sub-projeto foi o estudo do estado da arte, em que numa primeira fase foi realizado o levantamento dos métodos de deteção (térmicos, barométricos e oximétricos), chegando-se à conclusão que para o tipo de tecnologia pretendida o método térmico era o mais adequado, pois este permite fazer um mapeamento térmico dos pés, o que oferece informação adicional útil ao diagnóstico médico. Numa segunda fase, fez-se o levantamento de técnicas que têm por base o método térmico. Identificaram-se quatro técnicas: termometria por contacto elétrico, termometria por Infravermelhos, termografia por infravermelhos e termografia por Cristais Líquidos. Ainda nesta fase fez-se um levantamento de produtos existentes no mercado e verificou-se que existe muita tecnologia que nunca passou da fase de patente e alguns equipamentos que estão a ser comercializados mas que não retiram inovação à solução que se pretende apresentar neste PPS. Na Tabela 2 são apresentados alguns exemplos dessas tecnologias.

Este PPS não pretende de forma isolada constituir-se como a solução para estes problemas, mas antes fornecer instrumentos tecnológicos complementares que facultem uma maior ligação entre pacientes e clínicos, permitindo um maior acompanhamento destes doentes através do recurso às TICE.

A recolha de dados clínicos, sujeita a questões de privacidade e interoperabilidade, deverá ser articulada com os PPS #1 e PPS #2, We.Can e We.Can Connect, de forma a permitir um controlo rigoroso dos acessos aos dados e, também, o fornecimento de informação importante para análise de dados e deteção precoce de sintomas. Assim sendo, de forma concertada, o que se pretende é o desenvolvimento de um equipamento de aquisição de imagens termográficas de uso em ambiente clínico. A esta solução serão associadas capacidade de transmissão de informação para a plataforma central, eVida, que deverá detetar comportamentos e alterações, despoletando alarmes em situações de evolução negativa. Estas funcionalidades serão abrangidas pela

aplicação Metabolic.Care. Esta aplicação permitirá, de uma forma controlada, a visualização dos dados pelos profissionais de saúde e pacientes autorizados.

Tabela 2 – Tecnologias para avaliação do pé diabético .

Produto/Invenção	Tecnologia
<i>TempTouch®</i> (Constantinides 2000)	Termómetro de infravermelhos ligados a um controlador com funções de alarme.
<i>Thermoscale®</i> (Tsai & Lu 2006)	Balança com termistores integrados.
<i>SpectraSole Pro 1000</i> (Carlsson <i>et al.</i> 2009)	Termografia por Cristais líquidos.
<i>TempStatTM</i> (Kantro <i>et al.</i> 2013)	Termografia por Cristais líquidos.
<i>DermaTemp 1001</i> (Exergen, USA)	Termografia através de scanner de infravermelhos.

Prevê-se a possibilidade de integração com outros dispositivos médicos, nomeadamente utilizando HL7 v3.0, e de serviços de forma articulada com a Plataforma We.Can, mantendo o horizonte nas iniciativas do Registo de Saúde Electrónico (RSE) e do *Personal Health Record* (PHR). Um dos objetivos inicialmente propostos é a possibilidade de integração com o banco de sinais para que qualquer doente possa autorizar a visualização e anotação dos seus dados analíticos para efeitos de estudo de uma forma opaca, com garantias de segurança e privacidade.

Neste sub-projeto estão envolvidas uma empresa e duas universidades: a Exatronic, a Universidade da Beira Interior e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

3.2. Caracterização e Objetivos do PPS #10

A solução Metabolic.Care é composta por uma plataforma física (equipamento de aquisição de imagens termográficas) e por duas aplicações *hosted* (aplicações externas) uma com as funções de armazenar, processar e enviar imagens e a outra com funções de visualização de imagens e/ou informação (ver Figura 3). Ambas as aplicações vão estar alojadas na plataforma eVida. Dependendo do utilizador, a plataforma permite enviar imagens e ter acesso ao histórico de consultas e/ou evolução da doença, tudo isto utilizando dados centralizados e uma interface amigável que a torne utilizável para todos e em todos os lugares.

A plataforma física, responsável pela recolha de imagens termográficas num cenário de consulta convencional, obtém as imagens através da fotografia das folhas de cristais líquidos depois do contacto com os pés do paciente.

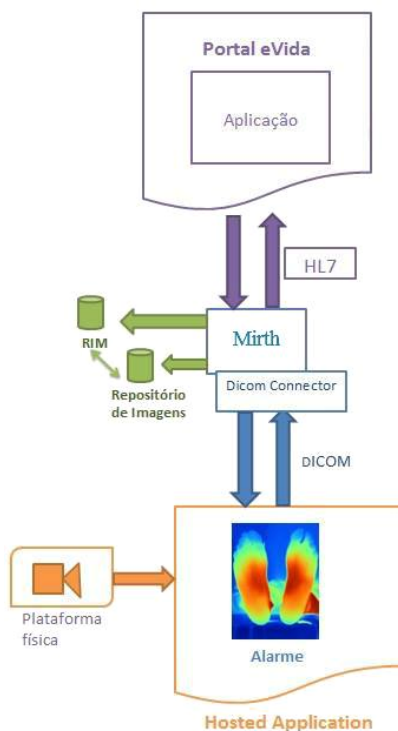


Figura 3 – Arquitetura de comunicação entre Metabolic.Care e plataforma eVida.

Para que os objetivos propostos sejam alcançados, a aplicação Metabolic.Care deve possuir algumas características:

1. Capacidade de processar as imagens termográficas;
2. Possuir interoperabilidade;
3. Possuir uma interface amigável e de fácil utilização para o utilizador.

Pretende-se, portanto, que a aplicação Metabolic.Care seja capaz de analisar as imagens termográficas dos pés de um indivíduo, detetando casos de risco de pé diabético através da emissão de um alerta, e ainda servir de aplicação no portal eVida que permita a disponibilização e consulta de informação.

4. Solução proposta e resultados

A solução proposta para monitorização do pé diabético é, como já referido, composta pela plataforma física e duas aplicações *hosted* integradas na plataforma eVida (<https://evida.pt/>), a plataforma para a comercialização de produtos e serviços para a “Saúde e Qualidade de Vida”.

A plataforma física consiste num *scanner* A3 integrado numa plataforma com a superfície superior de vidro temperado, sendo forte o suficiente para uma pessoa ficar

em cima, e a aplicação tem várias características que permitem alcançar os objetivos propostos, tais como:

- Ser capaz de processar imagens médicas termográficas;
- Ser interoperável com outros sistemas de e-saúde;
- Ter uma interface amigável;
- Estar disponível online.

O procedimento de trabalho da solução será explicado nos seguintes sub-seções.

4.1. Cenário clínico

O episódio de consulta começa com um paciente que se dirige ao consultório do seu médico. Durante a consulta, o paciente precisa estar com os pés descalços e subir para a plataforma física para capturar a imagem térmica de seus pés. Em seguida, o médico faz o upload da imagem para o aplicativo *hosted* disponível através da plataforma eVida, juntamente com informações relevantes adquiridas durante a consulta.

4.2. Processamento de Imagens

O objetivo deste sub-projeto é permitir a monitorização e prognóstico, e permitir o registo e comunicação de informação médica entre os profissionais de saúde. De modo a alcançá-lo, numa primeira etapa, as imagens termográficas dos pés de indivíduos diabéticos são analisadas. Para isso, utilizam-se algoritmos de análise e processamento de imagens fundamentais na área médica.

O primeiro passo na análise das imagens é a separação ou segmentação dos objetos, neste caso, fazer a segmentação dos pés do fundo da imagem. Os algoritmos de segmentação permitem encontrar diferenças entre os dois objetos, pois tornam possível a interpretação de píxeis contíguos e o agrupamento dos mesmos, e por este motivo foi utilizado o método *Grabcut* (Gao *et al.*, 2013).

Este método é baseado em cortes básicos, iniciando-se com uma caixa delimitadora pré-definida pelo utilizador em volta do objeto a ser segmentado. A distribuição de cores do objeto e do fundo é calculada através do modelo de *Gauss*, que permite a construção de um campo aleatório sobre os píxeis, designado por *Markov*. Juntamente com uma função de energia que determina as regiões ligadas, recorre-se a uma otimização de corte gráfico.

Após a segmentação dos objetos, procede-se, caso necessário, ao seu alinhamento ao centro através de rotação, e posteriormente são divididos em regiões de interesse (*Regions of Interest* - ROI). Após esta etapa, é feita a comparação das ROI correspondentes de cada pé. Para esta comparação foi utilizada a seguinte abordagem: cálculo da distância da cor de cada pixel de cada região correspondente dos pés; caso essa distância seja maior que um dado limiar, é identificado um problema nessa região, pois significa que a temperatura dos pés do indivíduo não se encontra dentro dos valores de temperatura considerados normais. É ainda feita uma comparação entre ROI simétricas, aferindo se a diferença entre as cores dos píxeis de ROI simétricas excede um outro limiar. Estas situações são identificadas como situações de alerta.

Após este processo, será feito o encapsulamento da informação necessária para ser enviada, no formato DICOM, que irá ser descrito mais detalhadamente na secção seguinte.

4.3. Interoperabilidade e padrões

Com o desenvolvimento dos sistemas de saúde, como *Electronic Health Records* (EHR) e Sistemas de Informação Hospitalar, a necessidade de interoperabilidade torna-se um problema mais evidente (Bendale and Sunder, 2009; Bogdan et al., 2010), que é reconhecido como um dos maiores perigos que bloqueiam os sistemas de saúde emergentes. A Metabolic.Care tenta resolver o problema de falta de interoperabilidade com o uso de dois padrões médicos: DICOM e HL7.

Como já foi referido na secção II, DICOM é um padrão usado para transferir imagens médicas entre os sistemas de saúde e de informação, encapsulando a própria imagem, a informação que lhe é associada e ainda outras observações consideradas relevantes, por exemplo, nome do médico, nome do paciente, data e hora da aquisição, nome da instituição onde a imagem foi capturada, etc. (Minnesota e-Health Initiative and the Minnesota Department of Health, 2013). A lista completa de tags pode ser consultada em NEMA (2011).

Para que diferentes sistemas comuniquem entre si, o HL7 mantém a flexibilidade suficiente para permitir que necessidades específicas para conjuntos de dados específicos sejam respeitadas (HL7, 2012).

Esta solução utiliza um repositório compatível com o RIM para armazenar os dados HL7 juntamente com uma URL para as imagens DICOM, uma vez que estas são armazenadas em outro repositório. A comunicação com aplicações externas é feita por via do *Mirth Connect*.

4.4. Interface com o utilizador

Para aceder à aplicação Metabolic.Care é necessário possuir perfil no portal eVida e fazer-se a autenticação. Dependendo do utilizador, esta permite carregar, processar e enviar as imagens; escrever e/ou editar observações e consultar o histórico. A aplicação pode ser utilizada pelo paciente e pelo médico que o segue, sendo que o paciente apenas pode consultar o seu histórico e o médico pode carregar e processar as imagens, assim como consultar o histórico e escrever e/ou editar as observações.

Apesar desta definição e distinção dos cenários de utilização ser opção do PPS #10, no global, a plataforma eVida está centrada no utilizador, ou seja, no paciente. Na maioria dos processos e produtos da plataforma eVida o paciente tem um papel ativo na gestão do seu estado de saúde.

A aplicação Metabolic.Care vai herdar a interface do portal eVida. Ainda assim, eventuais pequenas alterações nesta interface não deverão comprometer a sua usabilidade, mantendo-a intuitiva, sem nunca comprometer a quantidade e qualidade de informação a apresentar.

4.5. Disponibilidade online

Uma vez que a aplicação está integrada na plataforma eVida como uma aplicação *hosted*, a aplicação está sempre disponível online.

5. Conclusões

Tice.Healthy e Metabolic.Care pretendem fornecer uma plataforma que ajuda pacientes com pé diabético para monitorizar de forma oportuna a evolução da doença, proporcionando uma plataforma de hardware e software que captura imagens dos pés, usando folhas termo-sensíveis de cristais líquidos e um scanner A3 adaptado, junto com duas aplicações *hosted* que permite o upload, o processamento e a criação de alarmes quando há diferenças na imagem para os pés do utilizador, entre outras coisas. A escolha de ferramentas e plataformas *Open Source* nem sempre é consensual no desenvolvimento de um processo com a dimensão do TICE.Healthy. Este é um risco compensado pela utilização de standards como HL7, DICOM, Java, etc.

Uma das principais dificuldades deste projecto surgiu da necessidade de considerar todas as interpretações e implementações de HL7 possíveis relativas aos diferentes PPS. Isto foi conseguido através da construção de uma tabela exaustiva de requisitos em relação aos campos altamente personalizados de HL7. Portanto, a interface HL7 e o banco de dados do projeto poderia ser construído para acomodar todas as diferentes possibilidades de versão dos registos de dados médicos utilizados nos diversos PPS.

Outra dificuldade está relacionada com a atribuição de permissões a dados médicos, principalmente devido a problemas de relações de confiança não formalmente estabelecidas, ou devido à transmissibilidade dessas relações de confiança, *i.e.*, quando um paciente muda de médico, qual deles deveria ter acesso aos dados pessoais desse paciente? As ambiguidades dos cenários foram eliminadas estabelecendo relações de confiança explícitas, *i.e.*, o paciente/utilizador define em todas as vezes quem pode aceder à sua informação, e em que condições.

Melhores práticas que provaram ser úteis durante o desenvolvimento do projeto estão relacionadas com a integração precoce dos utilizadores finais no processo de conceção, para a adoção de padrões altamente aceites, e para a implementação da delegação de tarefas, acompanhado da utilização de ferramentas de gestão que facilitam a discussão de questões técnicas e de partilha de documentação.

Apesar do projeto não ter terminado ainda, e as atividades de I&D serem executadas ao longo de 2014, alguns resultados já podem ser acedidos no *website* da plataforma (<https://evida.pt/>).

Agradecimentos

O projecto TICE.Healthy foi aceite e co-financiado pelo QREN, COMPETE e pela União Europeia (nº de projecto 13842 – TICE Healthy- Systems of Health and Quality of Life). Os autores agradecem a oportunidade e o apoio financeiro que lhes permitiu desenvolver este projeto.

Referências

- Accenture. (2010). *Information Governance The Foundation for Effective e-Health*, White Paper (ACC10-0473/11-1902). Disponível em: <http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture-100473-InfoGovPoV-Final.pdf>
- Bendale P.P. and Sunder G. (2009). *Combining DICOM and HL7 into a Single Effective Protocol in Health Informatics – Opportunities and Challenges*. C-DAC Technical Paper.
- Bogdan O., Alin C., Aurel V., Serban M. (2010). *Integrated Medical System Using DICOM and HL7 Standards*. In A. Lazinica (Ed.), *New Advanced Technologies* (pp 231-247), ISBN: 978-953-307-067-4, InTech press. Retirado de: <http://www.intechopen.com/books/new-advanced-technologies/>.
- Carlsson A., Glendor U., Jernberg A., et al. (2007). *Device and method for measuring temperature over an area*. (WO2007/114768, Patent).
- Constantinides G.P. (2000). *Thermometric Apparatus and Method*. (US6090050, Patent).
- Dong, N., Jonker, H. and Pang, J. (2012). *Challenges in eHealth: From Enabling to Enforcing Privacy*. In Z. Liu & A. Wassynig, *Foundations of Health Informatics Engineering and Systems* (pp 195-206), Springer Berlin Heidelberg press. doi: 10.1007/978-3-642-32355-3_12
- International Telecommunication Union (ITU). (2012, April). *E-health Standards and Interoperability*. ITU-T Technology Watch Report. Disponível em: http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/23/01/T23010000170001PDFE.pdf
- Exergen. *Derma Temp 1001 Infrared Thermographic Scanner - User's Manual and Reference Book*. Watertown MA, USA
- Gao Z., Shi P., Karimi H.R., et al. (2013). *A mutual GrabCut method to solve co-segmentation*. EURASIP Journal on Image and Video Processing, 20, 2-11. doi: 10.1186/1687-5281-2013-20
- Health Level Seven International (HL7) (2012, March). *GLOSSARY OF TERMS*. Retirado de: <https://www.hl7.org/documentcenter/>
- Infosys. (2011). *Healthcare Interoperability Platform*. Disponível em: <http://www.infosys.com/industries/healthcare/Documents/healthcare-interoperability.pdf>
- International Diabetes Federation. (2012). *The World Guide to IDF BRIDGES 2012*. Disponível em: http://www.idf.org/files/idf_publications/world_guide_to_idf_bridges_2012_EN/index.html#/1/
- Kantro S., Singer A.M., Edgerton D. (2008). *System and method for monitoring plantar temperature of the foot*. (US20080214962, patent).

Minnesota e-Health Initiative and the Minnesota Department of Health. (2013, December). *Glossary of Selected Terms and Acronyms*. White Paper. Disponível em:

<http://www.health.state.mn.us/e-health/glossary/ehealthglossary.pdf>

Mirth Corporation. *Open Source HL7 Broker*. Disponível em: <http://mirthcorp.com/products/mirth-connect>.

National Electrical Manufacturers Association (NEMA). (2011). *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 6: Data Dictionary*. Disponível em: http://medical.nema.org/Dicom/2011/11_o6pu.pdf

WHOQOL Group. (1997). *Measuring Quality of Life*”, *Programme on Mental Health*. Disponível em: http://www.who.int/mental_health/media/68.pdf

Tsai C.C., Lu H.S. (2006). *Weight and body fat measurement device with temperature measuring capability*. (US0030783, patent)

O impacto da exclusão digital na utilização potencial de um mercado eletrónico de serviços de cuidados de saúde e serviços sociais

Maria Manuela Cruz-Cunha ^{1,4}, Ricardo Simões ^{1,5}, João Varajão ^{2,6}, Isabel Miranda³

mcunha@ipca.pt, rsimoes@ipca.pt, varajao@dsi.uminho.pt,
isabel.miranda@cm-guimaraes.pt

¹ Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, Campus do IPCA, 4750-810 Barcelos, Portugal

² Universidade do Minho, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal

³ Câmara Municipal de Guimarães, 4800-419 Guimarães, Portugal

⁴ CGIT Research Centre, Universidade do Minho, 4800-058 Guimarães, Portugal

⁵ Institute for Polymers and Composites—IPC/I3N, Univ. do Minho, 4800-058 Guimarães, Portugal

⁶ Algoritmi Research Centre, Universidade do Minho, 4800-058 Guimarães, Portugal

DOI: 10.17013/risti.14.33-49

Resumo: Cada vez mais os indivíduos necessitam de competências digitais avançadas para participar plenamente na sociedade. Numa Europa em crescente envelhecimento é atualmente reconhecida a importância e o potencial da indústria de serviços para *envelhecer bem* baseados nas tecnologias de informação e de comunicação (TIC), de que é exemplo o mercado eletrónico de serviços sociais e de cuidados de saúde, o *GuiMarket*, proposto pelos autores para um município do Norte de Portugal. Com base nos resultados de um inquérito realizado junto de uma amostra de 315 indivíduos, o artigo discute a importância reconhecida a tal serviço e a frequência de utilização prevista, concluindo existir uma íntima relação entre o acesso às TIC e a utilização que os inquiridos preveem fazer do *GuiMarket*.

Palavras-chave: Mercado eletrónico; serviços de cuidados de saúde; serviços de apoio social; exclusão digital; tecnologias de informação e de comunicação.

The impact of the digital divide in the potential use of an electronic market for health and social care services

Abstract: More and more, individuals need advanced digital skills to fully participate in society. In a Europe increasingly aging is now recognized the importance and potential of the service industry for *aging well* based on information and communication technologies (ICT), as exemplified by the electronic market of social services and healthcare, the *GuiMarket*, that the authors proposed to a municipality in the North of Portugal. Based on the results of a survey undertaken on a sample of 315 individuals, this article discusses the importance recognized to such service and the frequency of intended use, concluding that there is an intimate relationship between the access to ICT and the use that respondents anticipate making of the *GuiMarket*.

Key-words: e-Marketplace; healthcare services; social care services; digital divide; information and communication technologies.

1. Introdução

Os autores encontram-se a desenvolver um projeto-piloto para a definição e implementação de um mercado eletrónico de serviços de cuidados de saúde, serviços sociais e de bem-estar num município do Norte de Portugal com cerca de 160.000 habitantes, dos quais 54.000 se encontram na sua malha urbana. O projeto do referido mercado (designado por *GuiMarket*) foi desenvolvido pensando nas pessoas com necessidades especiais (pessoas idosas ou com incapacidade temporária ou permanente), nos seus familiares, e nos cuidadores e instituições, apesar de muitos dos serviços a disponibilizar pelo mercado eletrónico poderem ser utilizados pela população em geral.

A literatura sugere que as *Tecnologias Assistivas* e as *Tecnologias de Informação e de Comunicação (TIC)* podem contribuir para a melhoria da qualidade de vida, prolongar a permanência das pessoas na sua residência ou no seio familiar, melhorar o seu estado de saúde física e mental, retardar o aparecimento de problemas de saúde, e reduzir a carga familiar e do cuidador (veja-se por exemplo Blaschke, Freddolino & Mullen, 2009; Doukas *et al.*, 2011; Magnusson, Hanson & Borg, 2004; Muncert *et al.*, 2012).

A eficácia e a eficiência na prestação de serviços sociais e de cuidados de saúde e o bem-estar dos utilizadores destes serviços assentam numa correta coordenação entre a oferta (os prestadores de serviços: profissionais individuais e organizações) e a procura (indivíduos e organizações), para responder às suas necessidades específicas e expectativas. Os serviços contemplam os chamados cuidados físicos, como o trabalho doméstico, apoio domiciliário, serviços pessoais de higiene e bem-estar, fisioterapia, serviços de enfermagem, transportes, restauração, entre outros.

Existe uma vasta gama de tecnologias de apoio que podem contribuir para este propósito, como portais e motores de busca. O mercado eletrónico proposto é um ambiente integrador, capaz de identificar as necessidades dos utilizadores, transmitidas através de uma plataforma e a alocação de prestadores de serviços para responder a estas necessidades, integração e gestão, monitorização do desempenho e avaliação, e controlo do cumprimento de compromissos. Todavia a plena exploração de um serviço eletrónico desta natureza depende do acesso alargado às TIC e da capacidade de as utilizar.

Este artigo discute a relevância e interesse deste mercado eletrónico como interface entre os prestadores de cuidados de saúde e serviços sociais e os potenciais utilizadores, com base nos resultados de um estudo alargado de necessidades e expectativas dos potenciais utilizadores realizado em 2012, relacionando-os com o acesso e a capacidade de utilizar as tecnologias da informação. Um dos objetivos do estudo foi confirmar a existência de uma relação entre a *digital divide* (ou *exclusão digital*) e a motivação da população para tal serviço, bem como a sua predisposição para o utilizar.

Além de apresentar o *GuiMarket* como uma solução inovadora que visa contribuir para a melhoria do bem-estar das pessoas e otimizar a prestação de serviços, o artigo enquadra e discute o conceito de *digital divide* e as suas manifestações, de forma a ajudar a perceber o seu impacto na implementação e utilização de soluções como a apresentada, cujo resultado pode, na prática, não ser o previsto, caso não haja a devida avaliação prévia.

O artigo encontra-se organizado da seguinte forma. A secção 2 apresenta uma breve revisão de literatura e enquadramento dos aspetos em estudo e a secção 3 apresenta o mercado eletrónico proposto, suas funcionalidades e objetivos. A secção 4 apresenta a metodologia do estudo e as questões de investigação, as quais são discutidas na secção 5. O artigo termina com uma discussão final e conclusões na secção 6.

2. Enquadramento

Esta secção apresenta e enquadra o contexto em que o projeto *GuiMarket* está a ser implementado. Aborda o problema da *exclusão digital* e do envelhecimento da população, apresenta dados recentes sobre as políticas de saúde e de assistência social e a relevância que o conceito de *envelhecer bem* tem merecido.

2.1. A Exclusão digital

Mais de 50% dos europeus utilizam a internet diariamente - mas 30% nunca o fizeram! Como cada vez mais as tarefas quotidianas são realizadas *on-line*, todos os indivíduos necessitam de competências digitais avançadas para participar plenamente na sociedade. A Agenda Digital (European_Commission, 2012b) tem bem presente esta questão.

Ao longo da década de 1990 assistimos a profundas mudanças no acesso e disseminação da informação provocadas pela expansão das TIC. Na segunda metade da década, a internet foi amplamente reconhecida como o “divisor” mais significativo entre os “ricos” e os “pobres” no acesso à informação; assim, a desigualdade no acesso à internet surgiu como a maior personificação desta exclusão (Yu, 2006).

O termo *digital divide* refere-se à diferença entre indivíduos, empresas, regiões e países no acesso e utilização das TIC (Barzilai-Nahon, 2006; Selwyn, 2004; van Dijk, 2006; Yu, 2006). O conceito pode ser usado para explicar as diferenças sócio-económicas decorrentes da utilização das TIC e as características sociais, demográficas e económicas dos utilizadores (Bonfadelli, 2002; Robinson, DiMaggio & Hargittai, 2003; Vehovar *et al.*, 2006), permitindo revelar as desigualdades de uma sociedade da informação global (van Dijk, 2006), o que por sua vez afeta o crescimento económico e o desenvolvimento de cada um dos países individualmente (van Dijk, 2006). É de salientar que, quer os países desenvolvidos, quer os países em vias de desenvolvimento, investem no reforço de uma sociedade onde as pessoas possam usar as TIC para partilhar informação e conhecimento, para melhorar a sua qualidade de vida e promover o desenvolvimento económico (Bach, Zoroja & Vukšić, 2013a, 2013b; Vicente Cuervo & Menéndez, 2006).

2.2. Uma revisão sobre as políticas europeias de saúde e de apoio social

Na Cimeira de Lisboa realizada em março de 2000 para o crescimento e o emprego (European_Commission, 2002b), os líderes europeus concordaram no objetivo estratégico de fazer da União Europeia a sociedade baseada em conhecimento mais competitiva e dinâmica até 2010 (European_Commission, 2002a). Diversas iniciativas foram lançadas, a todos os níveis, para assegurar que esta transformação conduzisse à desejada sociedade capaz de um crescimento económico sustentado, com mais e melhor emprego e maior coesão social, conforme o “Plano de Acção i2010” (European_Commission, 2005b).

Nesta estratégia da União Europeia foi reconhecido um papel de destaque ao *e-Health*, como chave para atingir um crescimento mais forte e criar emprego qualificado numa economia dinâmica e baseada no conhecimento (European_Commission, 2002a, 2004, 2005b). No entanto, essa intenção exige ações específicas, desde a investigação e desenvolvimento de novos modelos de aplicação e/ou integração da tecnologia existente, novos avanços tecnológicos, acesso generalizado à internet de banda larga para todos e superar a exclusão digital, ações específicas de saúde pública, e as questões da integração das pessoas com necessidades especiais como, por exemplo, os idosos nos sistemas de *e-saúde*.

Do ambicioso programa de reformas resultante da Cimeira de Lisboa, cujos progressos foram analisados pela Comissão no relatório “Crescimento e Emprego” (European_Commission, 2005a), concluiu-se que a Europa estava longe de atingir o potencial de transformação pretendido. Os progressos alcançados por cada Estado-Membro foram desiguais e os resultados concretos a nível europeu e nacional não foram suficientes. De acordo com o relatório do grupo de peritos presidido por Wim Kok (2004), a execução da Estratégia de Lisboa era e é cada vez mais urgente dado o aumento da diferença de crescimento em relação à América do Norte e à Ásia, numa altura em que a Europa tem de enfrentar os desafios combinados de um baixo crescimento demográfico e do envelhecimento da sua população.

2.3 O envelhecimento da população e as prioridades da Europa

De acordo com o “Ageing Report” (European_Commission, 2012a), os europeus apresentam uma longevidade maior do que nunca. Em 2060 um em cada três europeus terá mais de 65 anos; a população com 65 anos vai quase dobrar, passando de 87,5 milhões em 2010 para 152,6; e prevê-se que o número de pessoas com idade superior a 80 anos quase triplique de 23,7 milhões em 2010 para 62,4 milhões em 2060. Estes dados têm subjacente o grande problema da capacidade de assegurar qualidade de vida a estas pessoas.

O encargo com cuidados de saúde tem crescido rapidamente em quase todos os países da OCDE, gerando uma preocupação crescente entre os políticos (Hartwig, 2008). A crescente procura de serviços de bem-estar devido ao envelhecimento da população está a promover o recurso às TIC como suporte a uma prestação eficaz, em termos de custos de assistência social e saúde (Loader, Hardey & Keeble, 2008). Vários estudos, evidenciam que a internet e as tecnologias e infraestruturas de telecomunicação podem contribuir significativamente para o desempenho do sistema de saúde e de apoio social

(Babulak, 2006; European-Commission, 2007; Kerzman, Janssen & Ruster, 2003; Séror, 2002; Smits & Janssen, 2008).

A designada indústria de serviços para *envelhecer bem* deve investir e inovar ao nível e escala europeu, em estreita cooperação com os utilizadores e consumidores (European_Commission, 2012a). E todos nós devemos ficar atentos e sentirmo-nos capacitados para integrar produtos e serviços para *envelhecer bem* baseados em TIC nas nossas vidas privadas e prática profissional.

Existe um enorme mercado potencial para produtos e serviços para *envelhecer bem*. A população da Europa com mais de 65 anos dispõe atualmente de uma capacidade de gasto de mais de €3.000 bilhões e o número de pessoas com problemas relacionados com a idade irá crescer de 68 milhões em 2005 para 84 milhões em 2020; adicionalmente, a Europa dispõe de uma indústria inovadora no domínio das TIC com as grandes empresas e PME inovadoras que desenvolvem uma gama alargada de novos produtos e serviços (European_Commission, 2012a).

Ao longo das últimas décadas, o bem-estar social tem sido apoiado pelo setor público. No entanto, os governos estão a mudar sua abordagem à responsabilidade social e começam a abrir o setor dos serviços de cuidados de saúde e assistência social à iniciativa privada. Em toda a Europa se encontram casos documentados de iniciativas privadas em substituição do setor público na saúde e na assistência social (Blomgren & Sundén, 2008; King *et al.*, 2012; Mandiberg & Warner, 2012; Plomp, 2008; Stolt, Blomqvist & Winblad, 2011).

Este tipo de serviços está intimamente relacionado com as necessidades de cuidados de saúde da população e são os serviços que recebem maior atenção direta dos governos para financiamento. Além da intervenção do sector privado, podem também existir outras tipologias baseadas na comunidade e orientadas ao negócio direcionadas para os serviços sociais, cujo principal objetivo é potenciar a comunidade de utilizadores para uma melhor integração na sociedade (Mandiberg & Warner, 2012).

Xie *et al.* (2012) apresentam um levantamento feito no Reino Unido em vários centros de saúde locais para determinar o nível de personalização nos serviços de assistência social para as pessoas idosas. Entre os fatores estudados, os autores concluíram que as pessoas fazem uso de uma vasta gama de serviços comunitários, além de cuidados de saúde típicos; entre os serviços de maior interesse foram identificados o trabalho doméstico, as compras, o apoio a atividades de lazer e serviços de bem-estar. A procura destes serviços, quer por centros de gestão locais, quer por pessoas idosas, que desta forma ganham independência relativamente a serviços sociais institucionais, tem vindo a crescer (Xie *et al.*, 2012).

3. GuiMarket: atores e funcionalidades

GuiMarket é um mercado eletrónico de recursos de cuidados de saúde e apoio social para facilitar o “encontro” entre os utilizadores (que procuram prestadores de serviços) e os profissionais/instituições/empresas que disponibilizam os seus recursos, num contexto de proximidade geográfica, como resumido na Tabela 1 (Cruz-Cunha *et al.*, 2013).

Tabela 1 – Oferta e procura no *GuiMarket*

<i>Procura</i>	<i>Indivíduos</i>	O serviço é projetado visando em primeiro lugar os indivíduos com necessidades especiais, mas é direcionado para toda a população do município. Muitos utilizadores-alvo não podem aceder a estas tecnologias, mas essa tarefa pode ser realizada por familiares, vizinhos ou amigos.
	<i>Organizações</i>	Quer em complementaridade aos serviços que oferecem, quer como clientes de serviços prestados por outros prestadores de serviços presentes no mercado eletrónico.
<i>Oferta</i>	<i>Indivíduos e empresas</i>	Indivíduos e empresas certificadas para prestar assistência social, cuidados de saúde ou serviços específicos de casa, tais como serviços de gerontologia, transporte, refeições, canalizadores, eletricitas, limpeza, transporte, assistência domiciliária, massagens e terapeutas.
	<i>Organizações</i>	Entidades certificadas da rede social de prestadores de cuidados e a rede de cuidados de saúde.

A solução proposta é orientada em especial para pessoas com necessidades especiais (de cariz temporário ou permanente), e/ou seus cuidadores, mas que se estende aos cidadãos em geral. É uma plataforma capaz de coordenar e gerir a prestação de serviços prestados por profissionais credenciados, respondendo aos utilizadores que, num determinado momento precisam de um serviço social, de saúde, doméstico ou de bem-estar.

Consequentemente pretende-se proporcionar maior flexibilidade e qualidade de vida às pessoas, que por qualquer motivo (incapacidade temporária ou permanente, idade, ou outro) devem ficar em casa, para que possam encontrar no mercado eletrónico muitos dos serviços de que necessitam para o seu dia-a-dia.

4. Metodologia

Os autores realizaram um estudo alargado ao longo dos meses de abril e maio de 2012 em diferentes freguesias do município – freguesias de cariz urbano, industrial e rural -, a fim de identificar:

- A importância percebida pelos habitantes do município sobre a implementação do mercado eletrónico;
- A utilização esperada do serviço/plataforma proposta;
- Os serviços que podem ser oferecidos, que os moradores reconhecem como mais relevantes ou mais necessários.

Os resultados do estudo permitem compreender a viabilidade da solução e as tipologias de serviços a oferecer, tendo em vista o desenvolvimento de uma plataforma protótipo para validação da utilização desta solução pioneira no domínio da assistência social, na forma de um mercado eletrónico de serviços de apoio social, saúde e bem-estar.

Paralelamente, procura-se com este estudo analisar até que ponto o acesso e utilização das TIC condiciona o projeto. Compreender a dependência entre o interesse percebido pela plataforma e as características da amostra, como sejam a idade, nível educacional,

posse de um computador pessoal e acesso à internet, entre outras possibilidades, ou seja, a sua relação com a exclusão digital.

Esta secção inclui a apresentação da metodologia, a amostra e as questões de investigação.

4.1. Metodologia de recolha de informação

A metodologia consistiu na recolha de informação a partir de uma amostra aleatória estratificada de moradores de um conjunto de freguesias do concelho, sobre o interesse percebido do mercado eletrónico, a sua utilização esperada e os serviços considerados mais relevantes e demografia da amostra contemplando a idade, educação, acesso à internet, posse de um computador e utilização de internet. A recolha de informação foi realizada em diferentes horas do dia e diferentes lugares de cada freguesia, procurando englobar uma elevada diversidade de pessoas e também para cumprir a estratificação por idade definida.

Como ferramenta para a recolha de informação foi utilizada uma entrevista semiestruturada baseada num questionário composto por questões abertas e por questões fechadas. O questionário foi elaborado por especialistas em serviços de assistência social com experiência em serviços de assistência domiciliária, cuidadores e pessoas com necessidades temporárias e permanentes. Dado existir pouca literatura sobre as necessidades de pessoas com necessidades especiais e seus cuidadores, em particular no que diz respeito aos principais serviços que essa plataforma deve oferecer, o questionário foi testado dentro deste grupo de 15 pessoas com questões abertas, que se tornaram em algumas das perguntas fechadas do questionário.

4.2. A amostra

A amostra é estratificada começando com a idade de 18 anos e foi definida de acordo com dados de 2001¹ disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estatística. Das 333 entrevistas, 18 não puderam ser consideradas por terem questões não respondidas. Todos os dados demográficos dos inquiridos - distribuição por faixas etárias, por género e por níveis de ensino, bem como possuir um computador pessoal e ter acesso à internet a partir de casa - está resumida na Tabela 2. De salientar que foi condição prévia para ser inquirido, ter ou já ter sido cuidador, ou coabitar com pessoas com necessidades especiais.

4.3. Questões de investigação

Com base nos objetivos do projeto foram identificadas as seguintes cinco questões de investigação:

- Q1. Qual a importância atribuída a um mercado eletrónico de serviços de cuidados de saúde e sociais?
- Q2. Qual a utilização esperada do mercado eletrónico?

¹ Este era o censo mais recente disponível no momento que o estudo foi desenhado

- Q3. Quais os serviços a oferecer pelo *GuiMarket*?
- Q4. Dependência de Q1. relativamente aos dados demográficos e características da amostra?
- Q5. Dependência de Q2. relativamente aos dados demográficos e características da amostra?

Tabela 2 – Demografia dos inquiridos

Características		N	%
Faixa etária	Menos de 30 anos	51	16,2
	30 – 39	74	23,5
	40 – 49	59	18,7
	50 – 59	68	21,6
	60 – 69	44	14,0
	70 anos ou mais	19	6,0
	Total	315	100,0
Género	Feminino	160	50,8
	Masculino	155	49,2
	Total	315	100,0
Estado civil	Solteiro(a)	76	24,1
	Casado(a)	210	66,7
	Viúvo(a) ou divorciado(a)	29	9,2
	Total	315	100,0
Habilitações	Iletrado	11	3,5
	Ensino primário incompleto	157	49,8
	Ensino primário completo	59	18,7
	Ensino secundário	49	15,6
	Ensino superior	39	12,4
	Total	315	100,0
Posse de um computador e acesso à internet a partir de casa	Possui um computador pessoal em casa	243	77,1
	Tem acesso à internet	223	70,8
	Não tem acesso à internet mas alguém o ajuda se necessitar aceder à internet	31	9,8
Frequência de utilização da internet	Nunca	131	41,6
	Raramente	16	5,1
	Algumas vezes	49	15,6
	Frequentemente	41	13,0
	Diariamente	78	24,8
	Total	315	100,0

Este artigo responde às questões Q4 e Q5 e pretende validar as seguintes hipóteses:

- H1: Existe relação entre as características demográficas da amostra e a importância atribuída ao *GuiMarket*.
- H1a: Existe relação entre a idade e a importância atribuída ao *GuiMarket*.
- H1b: Existe relação entre o nível de habilitações e a importância atribuída ao *GuiMarket*.
- H2: Existe relação entre as características demográficas da amostra e a utilização esperada do *GuiMarket*
- H2a: Existe relação entre a idade e a utilização esperada do *GuiMarket*
- H2b: Existe relação entre o nível de habilitações e a utilização esperada do *GuiMarket*
- H3: Existe relação entre o acesso a tecnologias de informação e comunicação (posse de computador pessoal, acesso a internet, e ser utilizador de internet) e a importância atribuída ao *GuiMarket*.
- H4: Existe relação entre o acesso a tecnologias de informação e comunicação (posse de computador pessoal, acesso a internet, e ser utilizador de internet) e a utilização esperada do *GuiMarket*

5. Análise e discussão dos resultados

Nesta secção apresentam-se os resultados obtidos para as questões Q4 e Q5 e o teste das hipóteses apresentadas. A análise estatística foi realizada com o SPSS® (*Statistical Package for the Social Sciences*) versão 19 e MS Excel®.

5.1 *GuiMarket*: importância atribuída e utilização esperada

A Tabela 3 representa a importância que os participantes atribuem à existência de um serviço como o *GuiMarket*. Foi usada uma escala de *Likert* com cinco pontos, entre 1 e 5 (“Nada importante”, “Pouco importante”, “Indiferente”, “Importante” e “Muito importante”). Para 49,2% dos participantes, este tipo de serviço é considerado como muito importante, e o conjunto das classificações “Importante” e “Muito importante” corresponde a 95,5%.

Tabela 3 - Importância atribuída ao mercado eletrónico *GuiMarket*

Nível de importância	frequência	%
Nada importante	0	0
Pouco importante	5	1,6
Indiferente	9	2,9
Importante	146	46,3
Muito importante	155	49,2
Total	315	100,0

A Tabela 4 apresenta a frequência esperada de utilização dos serviços prestados pelo *GuiMarket*. Foi também utilizada uma escala de *Likert* com quatro pontos, entre 1 e 4 (“Nunca” a “Frequentemente”). Mais de metade dos inquiridos pondera usar os serviços “Algumas vezes”.

Tabela 4 – Frequência de utilização esperada dos serviços disponibilizados pelo *GuiMarket*

Utilização esperada	frequência	%
Nunca	15	4,8
Raramente	101	32,1
Algumas vezes	177	56,1
Frequentemente (diariamente ou algumas vezes por semana)	22	7,0
Total	315	100,0

5.2. Importância atribuída ao *GuiMarket* e características demográficas

Nesta secção testa-se a hipótese H1 e sub-hipóteses H1a e H1b.

Como se pode verificar na tabela 5, o grau de importância está relacionado com a idade dos inquiridos ($\alpha < 0,05$), dando suporte à hipótese H1a, notando-se que os mais novos (< 40 anos) atribuem um grau de importância maior tal como se pode concluir pela tabela 6.

Tabela 5 – Correlação da importância atribuída ao *GuiMarket* com as características demográficas (escalão etário e habilitações)

		Escalão etário	Habilitações
Importância atribuída ao <i>GuiMarket</i>	Spearman's Correlation Coefficient	-0,141*	0,282**
	Sig. (2-tailed)	0,012	0,000
	N	315	315

* a correlação é significativa a 5%

** a correlação é significativa a 1%

Adicionalmente, e não obstante praticamente todos os inquiridos considerarem a criação do *GuiMarket* como “importante” ou “muito importante”, o grau de importância está relacionado com a formação dos inquiridos ($\alpha < 0,01$), validando a hipótese H1b, notando-se que os detentores de maior nível de habilitações atribuem uma maior importância, como se pode observar também na tabela 6.

Tabela 6 – Importância atribuída ao *GuiMarket* por escalão etário e nível educacional

		Nada importante/ pouco importante/ indiferente *	Importante	Muito importante
escalon etário	< 30	2,10%	35,40%	62,50%
	30 - 39	1,40%	33,80%	64,80%
	40 - 49	5,80%	69,20%	25,00%
	50 - 59	2,20%	47,80%	50,00%
	60 - 69	9,10%	50,00%	40,90%
	>= 70		62,50%	37,50%
Nível educacional	Illettrado		87,50%	12,50%
	Ens. prim. incompleto	4,00%	60,40%	35,60%
	Ensino primário	1,80%	43,90%	54,40%
	Ensino secundário	4,50%	29,50%	65,90%
	Ensino superior	2,70%	24,30%	73,00%

* considerou-se juntar as respostas “Nada importante”, “Pouco importante” e “Indiferente” pela sua pouca representatividade individual

5.3. Frequência de utilização esperada e caraterísticas demográficas

Nesta secção testa-se a hipótese H2 e sub-hipóteses H2a e H2b.

Conclui-se de novo que a intenção de utilização, ou frequência de utilização prevista se encontra relacionada com a idade dos inquiridos ($\alpha < 0.01$) e com o nível educacional ($\alpha < 0.01$), como se conclui da tabela 7, confirmando assim as hipóteses H2a e H2b. De salientar que os mais novos (idade inferior a 40 anos) são os que pretendem utilizar os serviços com maior frequência, o mesmo acontecendo com os de habilitações mais elevadas, como se observa na tabela 8.

Tabela 7 – Correlação da frequência de utilização esperada com as características demográficas (escalão etário e habilitações)

		Escalon etário	Habilitações
Frequência de utilização esperada	Spearman's Correlation Coefficient	-.209**	0,278**
	Sig. (2-tailed)	<0,001	<0,001
	N	315	315

* a correlação é significativa a 5%

** a correlação é significativa a 1%

Tabela 8 – Frequência de utilização esperada por escalão etário e nível educacional

		Nunca	Raramente	Algumas vezes	Frequentemente
escalaço etário	< 30	0,00%	20,80%	70,80%	8,30%
	30 – 39	1,40%	25,40%	60,60%	12,70%
	40 – 49	9,60%	40,40%	46,20%	3,80%
	50 – 59	6,50%	34,80%	47,80%	10,90%
	60 – 69	13,60%	36,40%	40,90%	9,10%
	>= 70	12,50%	62,50%	25,00%	0,00%
Nível educacional	Iltrado	12,50%	75,00%	12,50%	0,00%
	Ens. prim. incompleto	10,90%	39,60%	40,60%	8,90%
	Ensino primário	0,00%	26,30%	66,70%	7,00%
	Ensino secundário	2,30%	25,00%	68,20%	4,50%
	Ensino superior	0,00%	16,20%	64,90%	18,90%

* considerou-se juntar as respostas “Nada importante”, “Pouco importante” e “Indiferente” pela sua pouca representatividade individual

5.4. Relação entre a utilização do *GuiMarket* e a exclusão digital

Nesta secção testam-se as hipóteses H3 e H4.

Foram efetuados testes de correlação de *Spearman* para entender e confirmar a correlação entre a importância atribuída ao mercado electrónico *GuiMarket* e a posse de um computador pessoal, acesso a internet, e o acesso a alguém próximo capaz de aceder à internet em nome da pessoa inquirida, bem como entender e confirmar a correlação entre a utilização prevista do *GuiMarket* e o acesso aos referidos meios e tecnologias.

Tabela 9 – Correlação com acesso a meios e tecnologias de informação e comunicação

		Possui computador em casa	Tem acesso à internet	É utilizador de internet	Tem um utilizador de internet próximo
Importância atribuída ao <i>GuiMarket</i>	Spearman's Correlation Coefficient	0,125*	0,161*	0,297**	0,167**
	Sig. (2-tailed)	0,026	0,04	<0,001	0,003
	N	315	315	315	315
Frequência de utilização esperada	Spearman's Correlation Coefficient	0,173**	0,127**	0,300**	0,363**
	Sig. (2-tailed)	0,002	0,0025	<0,001	<0,001
	N	315	315	315	315

* a correlação é significativa a 5%

** a correlação é significativa a 1%

Os resultados obtidos e apresentados na tabela 9 permitem a confirmação das hipóteses H3 e H4. A importância atribuída ao *GuiMarket* depende diretamente do facto de ter um computador em casa com acesso à internet com um nível de significância de 5%, e depende de ser utilizador da internet ou ter alguém que possa aceder por si, com um nível de significância de 1%. Da mesma forma, possuir computador pessoal e ser utilizador de internet são determinantes na frequência de utilização prevista.

A exclusão digital, traduzida por não possuir um computador pessoal com acesso à Internet, ou não ser utilizador de internet, traduz-se numa menor importância reconhecida ao *GuiMarket* ($\alpha < 0,05$) e de forma mais expressiva ($\alpha < 0,01$) numa menor frequência de utilização prevista.

6. Discussão dos resultados e conclusões

Os resultados anteriormente apresentados demonstram existir relação entre as variáveis nível de habilitações e idade e, por um lado, a importância reconhecida a um mercado eletrónico como o *GuiMarket*, e por outro a utilização que os inquiridos pretendem fazer do mesmo; são os mais novos e os detentores de níveis de habilitações mais elevados os que classificam o serviço como “Muito importante”.

No que respeita à importância atribuída, considerando a soma das classificações “Importante” e “Muito importante” (representada pela linha azul contínua nos gráficos das figuras 1 e 2), verifica-se que esta é praticamente linear variando entre 90% e 100%, ou seja, os inquiridos são unânimes em reconhecer a importância do serviço. Em relação à utilização que pretendem fazer do serviço, representada pela linha contínua vermelha nos gráficos, confirma-se que a frequência de utilização prevista diminui com a idade e aumenta com o nível de habilitações.

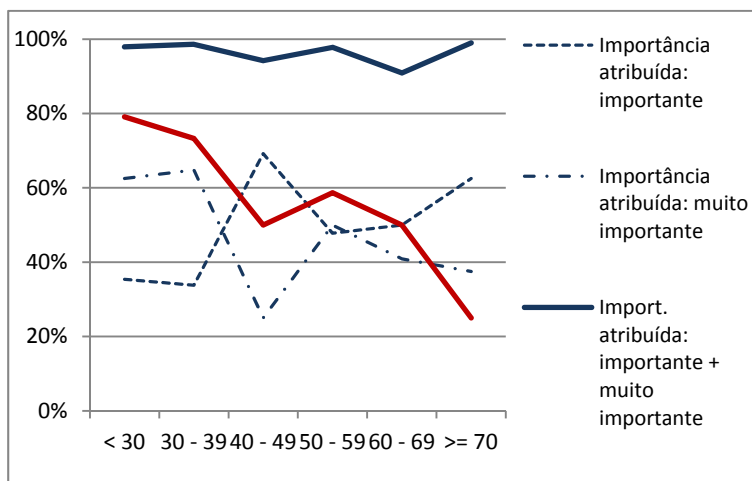


Figura 1 – Importância atribuída ao *GuiMarket* e utilização prevista em função do escalão etário

Os mais velhos e os de menor nível de habilitações, embora classifiquem este serviço como importante, apresentam uma frequência de utilização prevista inferior por não possuírem computador pessoal com acesso à internet ou por não serem utilizadores de internet.

Se numa Europa em crescente envelhecimento se reconhece a importância e o potencial da indústria de serviços para *envelhecer bem* baseados nas TIC, este estudo demonstra que o tema da exclusão digital não pode ser desviado da agenda de prioridades da Europa. O impacto esperado de tais serviços e produtos sobre o bem-estar e qualidade de vida das populações continua a depender do acesso de todos às tecnologias. Os desenvolvimentos projetados não passarão de “arte-pela-arte” se não forem acessíveis de forma generalizada.

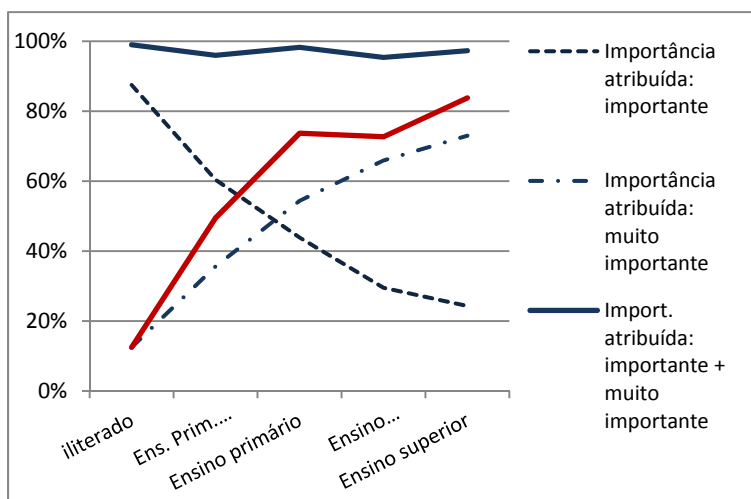


Figura 2 – Importância atribuída ao *GuiMarket* e utilização prevista em função das habilitações

Agradecimentos

Apoio da Câmara Municipal de Guimarães no âmbito de um projeto com a Universidade do Minho. Fundação para a Ciência e a Tecnologia, projeto PEst-C/CTM/LA0025/2013.

Referências

Babulak, E. (2006). Quality of service provision assessment in the healthcare information and telecommunications infrastructures. *International Journal of Medical Informatics*, 75(3-4), 246-252. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2005.07.019

- Bach, M. P., Zoroja, J. & Vukšić, V. B. (2013a). Determinants of firms' digital divide: A review of recent research. In M. M. Cruz-Cunha, J. Varajão, H. Krcmar & R. Martinho (Eds.), *Proceedings of CENTERIS 2013 - Conference on ENTERprise Information Systems*: Elsevier, Procedia Technology series. doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.013
- Bach, M. P., Zoroja, J. & Vukšić, V. B. (2013b). Review of corporate digital divide research: A decadal analysis (2003-2012). *International Journal of Information Systems and Project Management*, 1(4), 41-55. doi: 10.12821/ijispm010403
- Barzilai-Nahon, K. (2006). Gaps and Bits: Conceptualizing Measurements for Digital Divide/s. *The Information Society*, 22(5), 269-278. doi: 10.1080/01972240600903953
- Blaschke, C. M., Freddolino, P. P. & Mullen, E. E. (2009). Ageing and Technology: A Review of the Research Literature. *The British Journal of Social Work*, 39(4), 641-656. doi: 10.1093/bjsw/bcp025
- Blomgren, M. & Sundén, E. (2008). Constructing a European healthcare market: The private healthcare company Capio and the strategic aspect of the drive for transparency. *Social Science & Medicine*, 67(10), 1512-1520. doi: 10.1016/j.socscimed.2008.06.035
- Bonfadelli, H. (2002). The Internet and Knowledge Gaps: A Theoretical and Empirical Investigation. *European Journal of Communication*, 17(1), 65-84. doi: 10.1177/0267323102017001607
- Cruz-Cunha, M. M., Miranda, I., Lopes, N. & Simoes, R. (2013). An e-Marketplace of Healthcare and Social Care Services. *The Learning Organization*, 20(6), 408-418. doi: 10.1016/j.protcy.2012.09.106
- Doukas, C., Metsis, V., Becker, E., Le, Z., Makedon, F. & Maglogiannis, I. (2011). Digital cities of the future: Extending @home assistive technologies for the elderly and the disabled. *Telematics and Informatics*, 28(3), 176-190. doi: 10.1016/j.tele.2010.08.001
- European-Commission. (2007). *eHealth - Priorities and Strategies in European Countries*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- European_Commission. (2002a). *eEurope 2005: an information society for all* (No. COM(2002) 263). Brussels: Commission of the European Communities.
- European_Commission. (2002b). *The Lisbon Strategy - Making Change Happen* (No. COM(2002) 14). Brussels: Commission of the European Communities.
- European_Commission. (2004). *e-Health - Making Healthcare better for European Citizens: An Action Plan for a European e-Health Area* (No. COM(2004) 356). Brussels: Commission of the European Communities.

- European_Commission. (2005a). *Crescimento e Emprego — Um novo começo para a Estratégia de Lisboa* (Disponível online em <http://europa.eu.int/growthandjobs/>). Luxemburgo: Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias.
- European_Commission. (2005b). *i2010 - A European Information Society for growth and employment* (No. COM(2005) 229). Brussels: Commission of the European Communities.
- European_Commission. (2012a). *The 2012 Ageing Report: Economic and budgetary projections for the 27 EU Member States (2010-2060)*: European Commission, Directorate-General for Economic and Financial Affairs, available online at <https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/2012-ageing-report-economic-and-budgetary-projections-27-eu-member-states-2010-2060>.
- European_Commission. (2012b). *Digital Agenda Scoreboard 2012*: Directorate-General for Communication Networks, Content and Technology (CONNECT). Available online at <http://ec.europa.eu/digital-agenda>.
- Hartwig, J. (2008). What drives health care expenditure?--Baumol's model of unbalanced growth revisited. *Journal of Health Economics*, 27(3), 603-623.
- Kerzman, E., Janssen, R. & Ruster, M. (2003). e-Business in Health Care: Does it Contribute to Strengthen Consumer Interest? *Health Policy*, 64, 63-73. doi: 10.1016/S0168-8510(02)00139-2
- King, G., O'Donnell, C., Boddy, D., Smith, F., Heaney, D. & Mair, F. S. (2012). Boundaries and e-health implementation in health and social care. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 12(1). doi: 10.1186/1472-6947-12-100
- Kok, W. (2004). *Facing the challenge The Lisbon strategy for growth and employment*. (Report from the High Level Group chaired by Wim Kok). Luxembourg: European Communities. Office for Official Publications of the European Communities. Available at: http://europa.eu.int/comm/lisbon_strategy/index_en.html.
- Loader, B. D., Hardey, M. & Keeble, L. (2008). Health informatics for older people: a review of ICT facilitated integrated care for older people. *International Journal of Social Welfare*, 17(1), 46-53. doi: 10.1111/j.1468-2397.2007.00489.x
- Magnusson, L., Hanson, E. & Borg, M. (2004). A literature review study of Information and Communication Technology as a support for frail older people living at home and their family carers. *Technology and Disability*, 16(4), 223-235.
- Mandiberg, J. M. & Warner, R. (2012). Business development and marketing within communities of social service clients. *Journal of Business Research*, 65(12), 1736-1742. doi: 10.1016/j.jbusres.2012.02.015
- Muncert, E. S., Bickford, S. A., Guzik, B. L., Demuth, B. R., Bapat, A. R. & Roberts., J. B. (2012). Enhancing the Quality of Life and Preserving Independence for Target Needs Populations Through Integration of Assistive Technology Devices. *Telemedicine and e-Health*, 17(6), 478-483. doi: 10.1089/tmj.2010.0206

- Plomp, H. N. (2008). The impact of the introduction of market incentives on occupational health services and occupational health professionals: Experiences from The Netherlands. *Health Policy*, 88(1), 25-37. doi: 10.1016/j.healthpol.2008.02.003
- Robinson, J. P., DiMaggio, P. & Hargittai, E. (2003). New social survey perspectives on the digital divide. *IT & Society*, 1(5), 1-22.
- Selwyn, N. (2004). Reconsidering Political and Popular Understandings of the Digital Divide. *New Media & Society*, 4(3), 341-362. doi: 10.1177/1461444804042519
- Séror, A. C. (2002). Internet infrastructures and health care systems: a qualitative comparative analysis on networks and markets in the British National Health Service and Kaiser Permanente. *Journal of Medical Internet Research*, 4(3), e21. doi:10.2196/jmir.4.3.e21
- Smits, M. & Janssen, R. (2008). Impact of Electronic Auctions on Health Care Markets. *Electronic Markets*, 18(1), 19-29. doi: 10.1080/10196780701797607
- Stolt, R., Blomqvist, P. & Winblad, U. (2011). Privatization of social services: Quality differences in Swedish elderly care. *Social Science & Medicine*, 72(4), 560-567. doi: 10.1016/j.socscimed.2010.11.012
- van Dijk, J. A. G. M. (2006). Digital divide research, achievements and shortcomings. *Poetics*, 34(4-5), 221-235. doi: 10.1016/j.poetic.2006.05.004
- Vehovar, V., Sicherl, P., Husing, T. & Dolnicar, V. (2006). Methodological Challenges of Digital Divide Measurements. *The Information Society*, 22(5), 279-290. doi: 10.1080/01972240600904076
- Vicente Cuervo, M. R. & Menéndez, A. J. L. (2006). A multivariate framework for the analysis of the digital divide: Evidence for the European Union-15. *Information & Management*, 43(6), 756-766. doi: 10.1016/j.im.2006.05.001
- Xie, C., Hughes, J., Sutcliffe, C., Chester, H. & Challis, D. (2012). Promoting Personalization in Social Care Services for Older People. *Journal of Gerontological Social Work*, 55(3), 218-232. doi: 10.1080/01634372.2011.639437
- Yu, L. (2006). Understanding information inequality: Making sense of the literature of the information and digital divides. *Journal of Librarianship and Information Science*, 38(4), 229-252. doi: 10.1177/0961000606070600

Análisis de Flujos de Conocimiento en Proyectos de Mejora de Procesos Software bajo una perspectiva multi-enfoque

Brenda L. Flores-Rios ¹, Francisco J. Pino ², Jorge E. Ibarra-Esquer ³, Félix Fernando González-Navarro ¹, Oscar M. Rodríguez-Elías ⁴

brenda.flores@uabc.edu.mx, fjpino@unicauca.edu.co, jorge.ibarra@uabc.edu.mx, fernando.gonzalez@uabc.edu.mx, omrodriguez@ith.mx

¹ Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, Blvd. Benito Juárez s/n Col. Insurgentes Este, C.P. 21280, Mexicali, Baja California, México.

² Grupo IDIS, Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad del Cauca Calle 5 No. 4 – 70. Popayán, Cauca, Colombia.

³ Facultad de Ingeniería, campus Mexicali. Blvd. Benito Juárez s/n. Col. Insurgentes Este. C.P. 21280. Mexicali, Baja California, México.

⁴ División de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Tecnológico de Hermosillo. Ave. Tecnológico y Periférico Poniente s/n. Col. Sahuaró. C.P. 83170. Hermosillo, Sonora. México.

DOI: 10.17013/risti.14.51-66

Resumen: La Gestión de conocimiento (GC) tiene el potencial de proveer diversos beneficios a las organizaciones dedicadas al desarrollo de software. Entre ellos la gestión de activos de conocimiento, el aumento de la productividad o el incremento de la capacidad de sus procesos software. Sin embargo, debido al crecimiento y evolución que ha tenido la industria de software, se requieren nuevos paradigmas asociados a la generación y reutilización de diversos tipos y flujos de conocimiento con el propósito de promover procesos de innovación centrados en la Mejora de procesos software (SPI). En este artículo se presenta un análisis de tres enfoques de flujos de conocimiento, con el cual se ofrece una estrategia para apoyar la creación, transferencia y evolución del conocimiento involucrado en un proyecto SPI. Además, se define un marco de trabajo para la identificación de flujos de conocimiento relacionados con elementos de un modelo de referencia de procesos.

Palabras-clave: Flujos de Conocimiento; Procesos Software; Proyecto de Mejora de Procesos Software.

Analysis of Knowledge Flows in Software Process Improvement Projects under a multi-perspective approach

Abstract: Knowledge Management (KM) can provide several benefits to software development organizations. Some of them are knowledge assets management, productivity increase, or an improvement in their software process capability level.

However, due to the evolution and growth in the software development industry, there is a requirement for new paradigms associated to creation and reuse of different types and flows of knowledge, tending to encourage innovation processes around Software Process Improvement (SPI). This paper presents an analysis of three approaches to knowledge flows, proposing a strategy that supports the creation, exchange and evolution of knowledge involved in an SPI project. We define a framework for capture of different types of knowledge and identification of knowledge flows from the elements of a process reference model.

Keywords: Knowledge Flows; Software Process; Software Process Improvement Project;

1. Introducción

En las dos últimas décadas, se han definido técnicas de software, modelos de procesos, normas y/o estándares internacionales apropiados para enfrentar las exigencias de la industria de software en un entorno globalizado y competitivo (Pino, García & Piattini, 2007; Oktaba & Piattini, 2008). La necesidad de las organizaciones dedicadas al desarrollo de software, en gran parte VSEs (por sus siglas en inglés de Very Small Entities), de generar ventajas competitivas sostenibles en el tiempo, las ha llevado a definir estrategias en la gestión de sus activos de conocimiento debido a que éstos se relacionan con procesos de creación, estructuración y transferencia de conocimiento (Capote *et al.*, 2008). Una estrategia que puede ser útil es implementar un proyecto de Mejora de procesos software (SPI por sus siglas en inglés de Software Process Improvement) basado en conocimiento que tome en cuenta los procesos, productos, recursos y roles orientados al conocimiento; así como la identificación y caracterización de los activos de conocimiento (experiencias, lecciones aprendidas, mejores y buenas prácticas) en función de promover la mejora continua al enfatizar la generación y utilización de diversos tipos y flujos de conocimiento (Flores-Rios *et al.*, 2014).

Por lo anterior, se considera de relevancia que en un proyecto de SPI se gestionen los activos de conocimiento y se identifiquen los tipos y flujos de conocimiento existentes en una organización, para alcanzar el nivel de competitividad deseado o incrementar la capacidad de sus procesos. De esta forma, cada ciclo de mejora se considera como un proceso continuo y evolutivo (Mathiassen & Pourkomeylian, 2003) que genera, combina y reutiliza tanto tipos, activos y procesos de conocimiento con el propósito de mejorar la manera de realizar las actividades o resolver determinados problemas. Se ha observado que algunos modelos no brindan herramientas que permitan identificar o extraer el conocimiento que poseen los individuos de las VSEs, lo cual es fundamental para la formalización de las actividades (Carvajal & Márquez, 2013). En este sentido, el objetivo de este artículo es presentar un marco de trabajo para la identificación de tipos y flujos de conocimiento asociado a un modelo de referencia de procesos que una VSE dedicada al desarrollo de software pueda utilizar en un proyecto SPI. La característica principal del marco de trabajo es que integra un marco conceptual de Gestión de Conocimiento (GC) en procesos software bajo una perspectiva de flujos de conocimiento y presenta, en un modelo declarativo, los procesos de ciclo de vida de GC asociados a una dimensión del proceso. La implicación práctica del marco es que puede ser utilizado en investigaciones de GC en procesos software, así como en trabajos

relativos al diseño o implementación de proyectos SPI basados en conocimiento dirigidos a VSEs.

Este documento se estructura de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta trabajo relacionado con la aplicación de la Gestión de conocimiento en el área de Mejora de procesos software y se describen tres enfoques centrados en flujos de conocimiento como modelos que apoyan la identificación, estructura y relación entre los componentes de la organización. La sección 3 detalla las fases de la metodología KoFI presentando los resultados generales asociados al flujo de conocimiento existente en las entidades proceso software utilizados en un proyecto SPI. En la sección 4 se presentan las aportaciones e implicaciones prácticas de los elementos obtenidos en esta investigación para la realización de un par de iniciativas SPI en el contexto de la industria del software. Por último, se exponen las conclusiones.

2. Contextualización

En un proyecto de Mejora de procesos software (SPI) es necesario involucrar un modelo que conduzca la mejora, un modelo de referencia de procesos a seguir y un método para la evaluación de procesos (Pino *et al.*, 2006). El modelo que gestiona la mejora describe la infraestructura, actividades, ciclo de vida y consideraciones prácticas para guiar la iniciativa de SPI en la organización. El modelo de referencia de procesos describe cuáles actividades son reconocidas como las mejores y buenas prácticas que una organización debe implementar para la producción de software (Oktaba & Piattini, 2008). Por último, el modelo de evaluación de procesos especifica la ejecución de un método de evaluación formal, principalmente cuantitativo, para conocer la capacidad del proceso o la madurez de la organización. La interrelación de los modelos necesarios para llevar a cabo un proyecto SPI se presenta en la Figura 1.

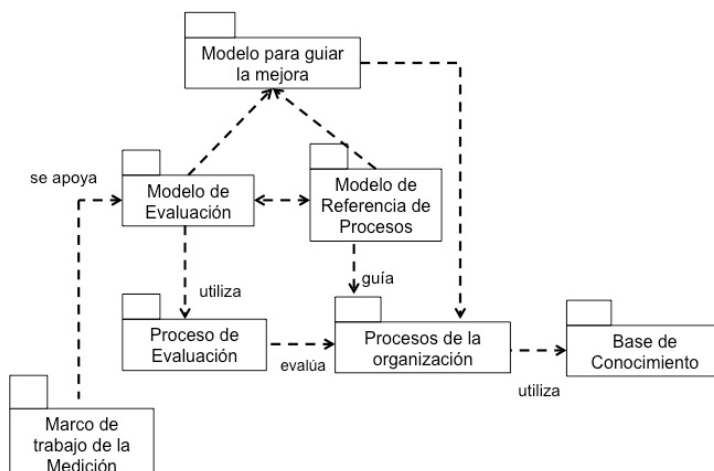


Figura 1 – Interrelación de elementos que conforman un proyecto de Mejora de procesos software

Es importante indicar que este trabajo se centra en analizar los tipos y flujos de conocimiento existentes en la descripción de procesos, en función de un modelo de

referencia de procesos. Según el estándar de propósito general ISO/IEC 24774:2007 – *Ingeniería de software y sistemas – Administración de ciclo de vida – Guía para la descripción de procesos*, los elementos primarios involucrados en la descripción de un proceso, en cualquier modelo de referencia de procesos, son: título, propósito, actividades y salidas (ISO/IEC TR 24774, 2007). Estos se representan de manera explícita y formal por medio de plantillas, patrones de procesos o marcos descriptivos y son necesarios en la evaluación de procesos (Kruchten, 1998; NMX-I-059, 2011). Los objetivos de la formalización son hacer visibles los procesos de la organización, disminuir la dependencia hacia un rol, replicar buenas prácticas en la realización de actividades y/o procesos e institucionalizar procesos de calidad y mejora continua (Carvajal & Márquez, 2013). Desde un enfoque de GC, el principal objetivo que debe tener una estrategia es facilitar y mejorar el flujo de conocimiento para que se aplique cuando, dónde y por quién lo requiera. Así, el primer paso que debe considerarse al proponer estrategias para proyectos SPI basados en conocimiento dentro de una VSE, es analizar la forma en la que el conocimiento fluye o se gestiona dentro de la organización.

2.1 Trabajo relacionado

Diversos trabajos se han realizado con el objetivo de analizar la forma en la que las organizaciones dedicadas al desarrollo de software gestionan su conocimiento, o para proponer mecanismos, estrategias o sistemas de GC (Rodríguez-Elías & Martínez García, 2011). Este tipo de organización se considera como una entidad intensiva en conocimiento por lo que la transferencia de conocimiento es crítica para ella. Kautz y Nielsen (2004) desarrollaron un marco de trabajo práctico que ayuda a los agentes de cambio a entender la implementación de un proyecto SPI como un proceso de transferencia del conocimiento. Además, existen trabajos que brindan evidencia de la aplicación de la GC en los procesos de desarrollo de software enfocándose en la reutilización de activos de conocimiento para mejorar la calidad de los productos actuales o nuevos, las fases de ciclo de vida del software o facilitar la reutilización del conocimiento explícito (Niazi, Wilson & Zowghi, 2005; Anaya, Cechich & Henao, 2007; Gopesh, Ward & Mohan, 2007; Wan *et al.*, 2011). Se encontraron pocos trabajos relacionados con facilitar y mejorar los flujos de conocimiento como apoyo en la transferencia de capacidad y experiencia de donde reside a donde se necesita a través del tiempo, el espacio y distribución geográfica (Nissen & Levitt, 2002). Esto supone un inconveniente debido a que los flujos de conocimiento representan el atributo dinámico del conocimiento (Guo & Wang, 2008) y la transferencia del *saber cómo*, la cual consiste en un valor estratégico para una organización (Gupta & Govindarajan, 2000). Por tal motivo, el aporte de este trabajo es analizar bajo una perspectiva multi-enfoque los flujos de conocimiento que intervienen en gran medida en la implementación de un proyecto SPI.

2.2 Enfoques de Flujos de conocimiento

De acuerdo con Rodríguez-Elías & Martínez García (2011) existen tres enfoques centrados en flujos de conocimiento, los cuales se describen en las siguientes secciones.

Enfoque 1. Procesos de creación y transferencia de conocimiento.

Está basado en diferenciar los tipos de conocimiento Tácito y Explícito y los cuatro procesos asociados a su conversión (Nonaka & Takeuchi, 1995). El conocimiento tácito se refiere al conocimiento construido por individuos, lo que implica que es difícil de comunicar y transferir, imitar o medir porque está fundamentado en las relaciones humanas o en hábitos comunes (Garzón Castrillón & Fisher, 2008). A diferencia del conocimiento tácito, el conocimiento explícito es tangible. En las organizaciones de software, el conocimiento explícito se identifica en forma de procedimientos y procesos escritos, productos de trabajo, archivos, bases de datos, artículos de investigación y difusión, libros de normas o estándares, código, mensajes de correo electrónico, entre otros (Flores-Ríos, Rodríguez-Elías & Pino, 2013).

A partir de la interacción, dinámica y continua, entre el conocimiento tácito y explícito se crea la espiral de conocimiento representada en el modelo SECI (Figura 2a). El objetivo del modelo es brindar un entendimiento de cómo las organizaciones crean conocimiento para maximizar su administración, aplicación y transferencia por medio de cuatro procesos de creación y transferencia de conocimiento (Nonaka & Takeuchi, 1995): Socialización, Exteriorización, Combinación, e Interiorización.

Enfoque 2. El ciclo de conocimiento.

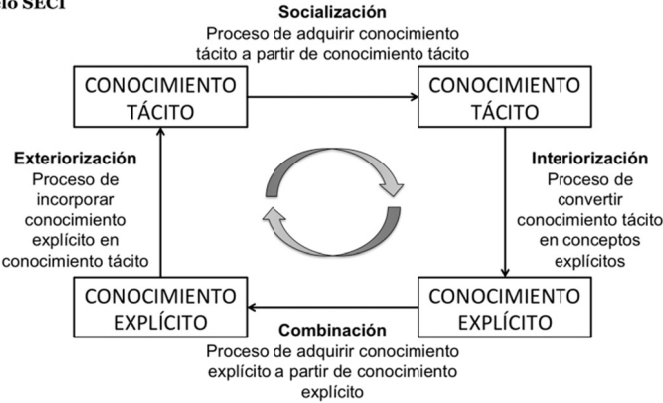
En este enfoque, el conocimiento es visto como un recurso que brinda la capacidad de usar información y aplicarla en la solución de un problema, realización de alguna tarea o toma de decisión (Carlsson, 2002). En el ciclo de conocimiento (Choo, 1999) se identifican la percepción del medio ambiente, la creación del conocimiento y la acción como toma de decisiones (Figura 2b). La percepción se obtiene por el uso de diversas fuentes de conocimiento que sirven para los flujos de experiencias. La percepción conduce a la creación de significados compartidos o modelos mentales que son utilizados para planear y tomar decisiones. Las conexiones entre los tres elementos representan el conocimiento requerido y generado por las actividades, así como las fuentes de información o conocimiento de donde éste es obtenido o almacenado (Rodríguez-Elías & Martínez García, 2011).

Enfoque 3. Modelo integrado para el ciclo de vida de Gestión de conocimiento.

El modelo integrado propuesto por Rodríguez-Elías & Martínez García (2011) se apoya en los procesos de transferencia y conversión del conocimiento tácito y explícito, donde ambos tipos de conocimiento son mutuamente complementarios apoyando la interacción dinámica entre los procesos de conocimiento que realizan los roles. Así mismo, son dinámicos en función a la etapa de ciclo de vida de GC en la que se encuentren. En el inciso c de la Figura 2, se visualiza la interacción de la creación y adquisición del conocimiento con la aplicación del mismo. La exteriorización es llevada por las actividades de captura, organización y codificación para que pueda ser almacenado. La transferencia de conocimiento explícito es habilitada por un conjunto de actividades para su formalización, almacenamiento y posterior recuperación. Finalmente, la interiorización requiere de la recuperación del conocimiento para filtrar e interpretar lo que realmente es de utilidad para quien lo aplica.

A partir de la investigación realizada, se hizo evidente la transdisciplinariedad entre la GC y la SPI y se generó un marco teórico de los tres enfoques centrados en flujos de conocimiento. Dichos enfoques son parte de una estrategia de implementación de un proyecto SPI basado en conocimiento y se integran en las fases de la metodología KoFI (por sus siglas en inglés de Knowledge Flow Identification).

a) Modelo SECI



b) Ciclo de conocimiento



c) Modelo integrado para el ciclo de vida de GC

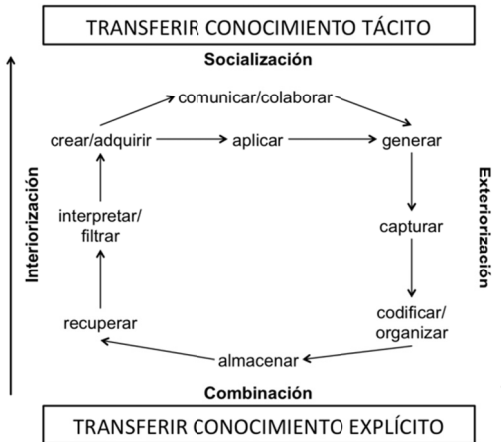


Figura 2 – Enfoques centrados en flujos de conocimiento. a) Modelo SECI, b) Ciclo de conocimiento y c) Modelo Integrado para el ciclo de vida de Gestión de Conocimiento

3. Metodología para el análisis de flujos de conocimiento

La metodología KoFI define los lineamientos para la identificación y el análisis de flujos de conocimiento en los procesos organizacionales y su aplicación es un proceso iterativo e incremental que retroalimenta o regresa de una fase a cualquier otra. Así mismo, se compone de las siguientes fases (Rodríguez-Elías & Martínez García, 2011): 1) especificar el proceso a analizar, 2) modelar el proceso con enfoque en flujos de conocimiento, 3) identificar flujos y tipos de conocimiento, y 4) identificar la forma en que el conocimiento fluye dentro del grupo de trabajo. A continuación, se presentan algunos de los resultados obtenidos al ejecutar cada una de las cuatro fases.

3.1. Especificar el proceso a analizar.

En la industria de software, es posible establecer un conjunto de entidades proceso software que deben estar presentes en todos los procesos del proyecto SPI. De esta forma, las entidades proceso software que se utilizan en este trabajo están relacionadas al conjunto de actividades que se realizan para el logro del propósito del proceso, los recursos requeridos (roles, recursos de software y hardware), los productos de trabajo de entrada y salida, los procedimientos adoptados (métodos, técnicas y plantillas) y el modelo de ciclo de vida que será usado (Falbo & Bertollo, 2009).

3.2. Modelar el proceso con enfoque en flujos de conocimiento.

KoFI especifica que para apoyar el análisis de flujos de conocimiento primero se requiere modelar el proceso de manera global y detallada. Para el modelado global, se sugiere utilizar una adaptación de la técnica de gráfica rica adaptada (Flores Rios, Gastélum Ramírez & Rodríguez-Elías, 2010), la cual apoya la identificación del conocimiento requerido y generado durante las actividades, así como las fuentes de conocimiento donde éste es obtenido o almacenado (Flores-Rios *et al.*, 2014).

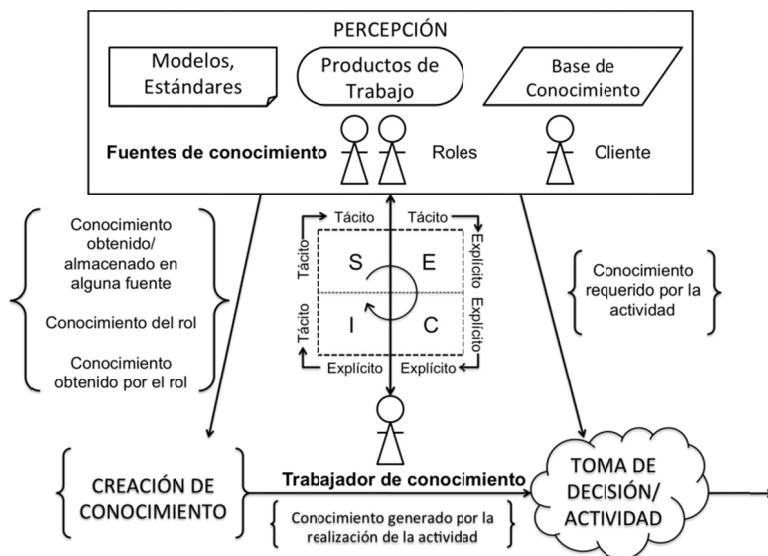


Figura 3 – Modelado global de flujos de conocimiento con entidades proceso software

La gráfica rica adaptada de la Figura 3 sugiere que los procesos de creación de conocimiento del modelo SECI y los elementos del ciclo del conocimiento no son procesos aislados uno del otro, sino que se encuentran interrelacionados debido a que la aplicación del conocimiento permite también incrementar el ya existente (Flores Rios, Gastélum Ramírez & Rodríguez-Elías, 2010). En dicha figura también aparece el trabajador de conocimiento quien crea, utiliza y transmite tanto conocimiento explícito como tácito. Los roles pueden apoyarse de diversas fuentes de conocimiento (roles, métodos, técnicas, plantillas, recursos o productos de trabajo), que no sólo le ayuden a resolver problemas inesperados, sino a hacer toma de decisiones correctas o incrementar sistemáticamente el conocimiento.

Para el modelado detallado, se utilizó el modelo base de la simbología SPEM (por sus siglas de Software Process Engineering Metamodel). En la Figura 4, se identifican cada una de las entidades proceso software como fuentes de conocimiento del enfoque de ciclo de conocimiento. Sin dejar de reconocer el valor de cada elemento de la gráfica global, la dinámica del ciclo de conocimiento es integrar los procesos del modelo SECI en la creación de nuevo conocimiento. Las actividades son realizadas por los roles, quienes son responsables del uso, generación y almacenamiento del conocimiento en diversas fuentes y tomando decisiones dependiendo del nivel de madurez de la VSE. Por ejemplo, en un proyecto SPI los roles establecen, actualizan, corrigen, verifican y/o validan procedimientos, métodos, productos de trabajo o plantillas, según lo requerido por los atributos de procesos del nivel de capacidad requerido (Flores-Rios, Rodríguez-Elías & Pino, 2013).

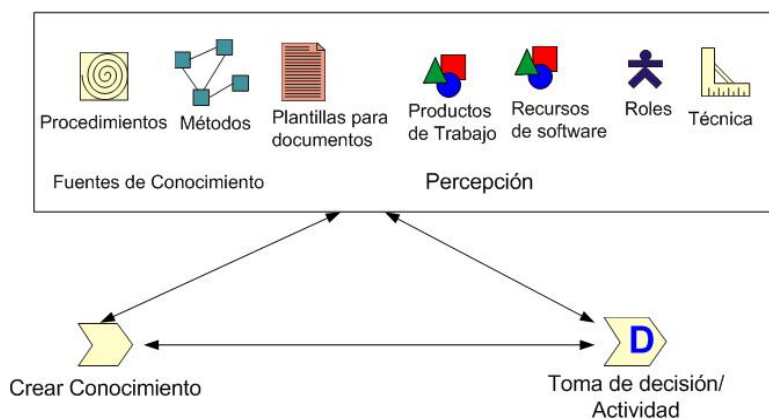


Figura 4 – Modelado detallado de entidades proceso software en el enfoque de ciclo de conocimiento

En este nivel de modelado se establece la relación de las entidades procesos software con la especificación descriptiva y explícita de las actividades definidas en un modelo de referencia de procesos. Por lo que se considera la premisa de que una VSE va adquiriendo madurez en función del nivel de conocimiento y habilidades que poseen los roles para implementar, gestionar, establecer y controlar una serie interrelacionada de procesos definidos en un modelo de referencia, pero también se apoyan de su percepción e interpretación de lo que está sucediendo en el entorno. Esto le permite al

trabajador del conocimiento o equipo de trabajo identificar y especificar acciones de mejora apoyados de nuevas fuentes y tipos de conocimiento.

3.3. Identificar fuentes y tipos de conocimiento.

Para esta fase, se utilizó el metamodelo de conceptos de conocimiento modelado en SPEM-KF (Rodríguez-Elías & Martínez García, 2011). La Figura 5 permite observar cómo se relacionan los tipos o temas de conocimiento (*KTopic*) y fuentes de conocimiento (*KSource*). *Ktopic* es usado para representar temas de conocimiento requeridos o generados por las actividades, así como aquel conocimiento que es almacenado u obtenido de las fuentes de conocimiento. *KSource* se utiliza para clasificar las categorías de fuentes (*KsourceCategory*) y sus tipos (*KSourceType*). Esto permitió detectar que para representar un concepto de conocimiento específico (*Kconcept*) o conjunto de conocimiento (*GroupedKnowledge*) se utiliza la exteriorización del conocimiento requerido, identificado como un tipo de producto de trabajo (*WorkProductType*) (Flores-Rios, Rodríguez-Elías & Pino, 2013).

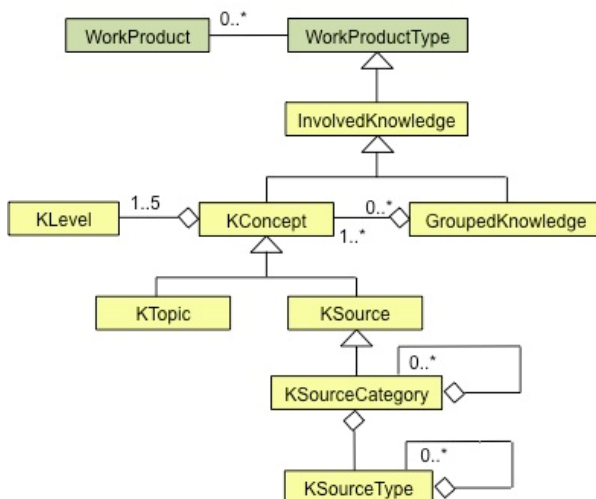


Figura 5 – Metamodelo de conceptos de conocimiento

Desde el inicio de un proyecto SPI, se podrán identificar y capturar los activos de conocimiento por medio de un mapa de conocimiento o plantilla (Flores-Rios *et al.*, 2014b). Esta situación ayuda al equipo de trabajo a detectar claramente los conceptos, fuentes y tipos de conocimiento, así como el nivel de conocimiento (*KLevel*) que poseen los roles para desempeñar las actividades requeridas para un determinado nivel de capacidad de procesos.

3.4. Identificar flujos de conocimiento.

Posteriormente, se identifica el flujo de conocimiento que es aplicado o requerido durante la realización de las actividades o toma de decisiones y las fuentes donde el conocimiento es almacenado u obtenido (Flores-Rios *et al.*, 2014). La Figura 6 muestra

por medio de un diagrama de transferencia de conocimiento (Rodríguez-Elías & Martínez García, 2011) las fuentes de conocimiento, la toma de decisión que realizan los roles y la interacción que tiene cada entidad proceso software con el proceso de creación del conocimiento (modelo SECI) y el modelo integrado.

A continuación, se describen los flujos de conocimiento detectados en dichas entidades:

Socialización (S): Este proceso se presenta cuando los roles interactúan y comparten modelos mentales y habilidades técnicas de acuerdo a su nivel de conocimiento (*KLevel*). Las fuentes de conocimiento (*KSource*) son los roles debido a que comunican e intercambian conocimiento tácito. El colaborar con personas con experiencia y conocimiento especializado según su dominio en métodos y técnicas y/o uso de ciertas plantillas les permitirá a los roles desempeñar las actividades dependiendo de la interacción que tengan con ellos. Algunas veces los roles incrementan su conocimiento tácito cuando otros roles les interpretan el llenado de algunas plantillas de documentos o les mencionan aspectos sobre los productos de trabajo que utilizan en sus actividades. Este escenario se puede ejemplificar cuando una VSE dedicada al desarrollo de software cuenta con personal con poca experiencia y/o posee procesos inestables o no documentados, solicitando la intervención de consultores expertos para que brinden ayuda en la identificación de causas o circunstancias que originan problemas en el desempeño de las actividades (Flores-Rios, Rodríguez-Elías & Pino, 2013). Cuando los roles socializan pueden utilizar herramientas de software que permiten el intercambio de conocimiento, experiencia, confianza e información en ciertas actividades específicas, tales como los portales de conocimiento, sistemas de tele/videoconferencias, mensajería instantánea, entre otros. Por otro lado, los roles se apoyan de tecnología como los videoteléfonos, aparatos de videoconferencias, tableros electrónicos o tecnología groupware.

Exteriorización (E): Por medio de la conceptualización, extracción y articulación en colaboración o reflexión colectiva entre los roles, una parte del conocimiento tácito se convierte en explícito. Para hacer más efectivo este proceso se utilizan herramientas de software del tipo de *newsgroups*, *groupware*, Wikis, flujo de trabajo o sistemas colaborativos; y tecnología para el modelado o generación de gráficos o tecnología audiovisual. Una vez que el conocimiento tácito es convertido en explícito, los roles con escenarios similares pueden encontrar buenas prácticas o soluciones al consultar la plantilla para la captura de activos de conocimiento (Flores-Rios *et al.*, 2014b). Es por esto, que algunas técnicas recomendadas para la exteriorización del conocimiento en proyectos SPI son el transmitir lecciones aprendidas o buenas prácticas utilizando historias, analogías o metáforas para determinadas situaciones o eventos.

Combinación (C): La combinación se refiere al proceso de sistematización de conceptos en el que el rol se dirige a repositorios (bases de conocimiento, repositorios de proyectos, configuración de software, entre otros) para satisfacer sus demandas de conocimiento, generar y modificar conocimiento explícito a partir de otro explícito. Este proceso implica el uso de plantillas, formatos de reportes, recursos de software y hardware para administrar y buscar colecciones de conocimiento bien establecido, almacenado y persistente para generar más conocimiento explícito. Los sitios Web o intranets utilizan índices de búsqueda, agentes inteligentes y/o mapas de conocimiento para localizar ciertos documentos o textos en un dominio específico.

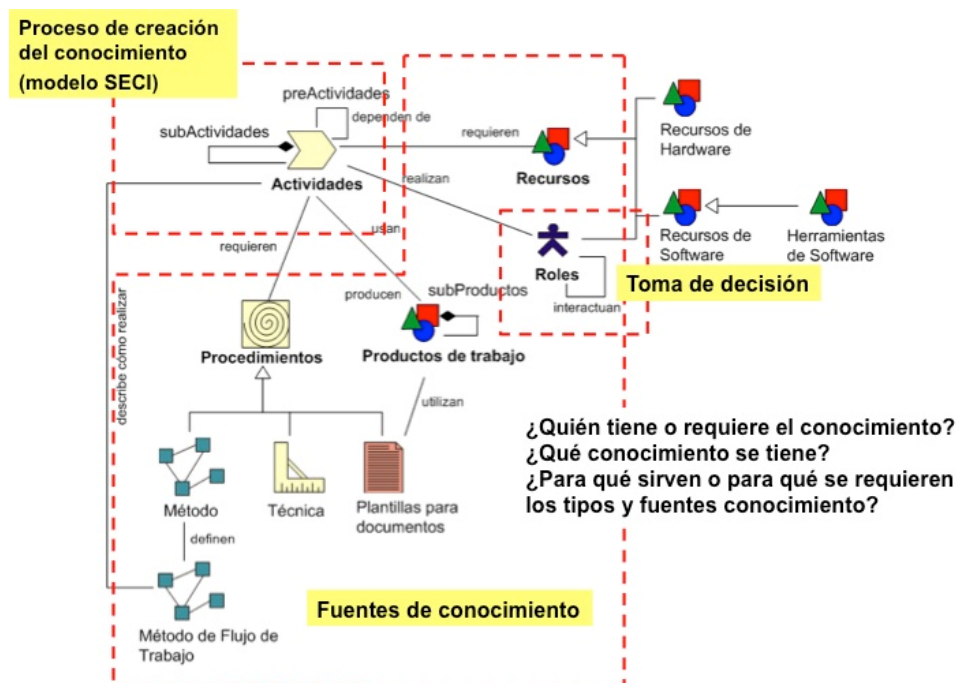


Figura 6 – Análisis de flujos de conocimiento en las entidades proceso software involucradas en un proyecto SPI

Interiorización (I): Cuando se aprende y socializa, al hacer reiteradamente una actividad, el conocimiento explícito se convierte en tácito. De esta forma, si se tienen equipos de desarrollo de software multifuncionales o autodirigidos, éstos aprenden e interiorizan al implementar nuevos procesos, métodos o estrategias como parte de su cultura organizacional. Los productos de trabajo facilitan la transferencia de conocimiento explícito a otros roles, permitiéndoles experimentar indirectamente las vivencias de otros. Aunque la mayoría de las VSE reconoce la importancia de la interiorización del conocimiento, el establecimiento de estrategias para generar nuevo conocimiento tácito se les dificulta y el proceso se les hace complejo. Por otro lado, se han detectado herramientas que apoyan los procesos de socialización, exteriorización y combinación por lo que existe una carencia de recursos de software que faciliten el proceso de interiorización.

Se recomienda que una VSE considere el valor de los flujos de conocimiento en función de los procesos de creación y transferencia de conocimiento como parte de su cultura e implementación de estrategias de GC. Así mismo, se deben de tomar en cuenta las valoraciones y percepción de los roles para medir el impacto del conocimiento y su flujo, en los procesos de ciclo de vida de GC.

El modelo de la Figura 6 se ha diseñado de forma tal que facilite la interpretación de los flujos de conocimiento y sus interacciones en las entidades procesos software. Para conocer la situación actual de una VSE con respecto a su flujo de conocimiento es necesario hacer una auditoria o diagnóstico de conocimiento donde se identifiquen las

fuentes y tipos de conocimiento existentes para detectar qué tipo de conocimiento está fluyendo y cuáles problemáticas se presentan. Por tal motivo, se definió de manera genérica y flexible un marco declarativo de ciclo de vida de GC para ser implantado dentro del proyecto SPI o procesos de una VSE fomentando la aplicación, transferencia y evolución del conocimiento para la generación de productos de software de calidad (Flores-Rios *et al.*, 2014).

4. Aportaciones e implicaciones prácticas

Los elementos descritos en las secciones anteriores se tomaron en cuenta para la realización de dos trabajos relacionados con SPI: (i) proyecto para obtener el nivel 2 de madurez de una empresa desarrolladora de software siguiendo las normas mexicanas relacionadas con SPI, y (ii) la creación de un método para apoyar la formalización de la estimación de proyectos software en pequeñas organizaciones dedicadas al desarrollo de software. En las siguientes subsecciones se presenta de manera general estos dos trabajos.

4.1 SPI en empresa mexicana

La importancia de la GC es asegurar que el conocimiento de la organización se aplique de manera productiva para su beneficio (Rodríguez-Elías & Martínez García, 2011). En este sentido, los elementos descritos en esta investigación se utilizaron durante el desarrollo de un proyecto SPI en una VSE mexicana de desarrollo de software. El objetivo de este proyecto para la empresa era obtener un nivel 2 de madurez conforme a las normas mexicanas para la implantación de procesos software (NMX-I-059-NYCE-2011) y evaluación de la capacidad de procesos (NMX-I-15504-NYCE-2010). La NMX-I-059-NYCE-2011 establece criterios para que las VSE mexicanas, a través de su adopción e implantación como un modelo de referencia de procesos, puedan ofrecer servicios y productos que alcancen niveles internacionales de calidad (Oktaba & Piattini, 2008). Dicha norma especifica que los niveles de capacidad de procesos y sus atributos se ubican en una escala de cinco niveles. El nivel 2 de capacidad de procesos implica que los 9 procesos requeridos deben de estar planeados, institucionalizados, supervisados y adaptados para cumplir con los objetivos de los procesos y producir los productos de trabajo que se identifican, documentan y controlan adecuadamente como conocimiento explícito (Flores-Rios, Rodríguez-Elías & Pino, 2013). Es importante resaltar que el objetivo establecido se logró por medio de la ejecución de tres ciclos de mejora en los cuales se utilizaron, entre otros aspectos, los elementos de GC descritos en este artículo.

La metodología de implementación del proyecto junto a los enfoques de flujo de conocimiento permitieron identificar los tipos y fuentes de conocimiento, y verificar empíricamente, si una VSE que desee implementar un proyecto SPI basado en conocimiento requerirá contar con diversos tipos y activos de conocimiento almacenados en la base de conocimiento e identificar el conocimiento que poseen los roles relacionados con los ciclos del proyecto. En este sentido, se analizaron los atributos de procesos, descritos en el modelo NMX-I-15504-NYCE-2010, permitiendo caracterizar los tipos y flujos de conocimiento involucrados en la evaluación de la capacidad del proceso (Flores-Rios, Rodríguez-Elías & Pino, 2013; Flores-Rios *et al.*,

2014) para una organización desarrolladora de software. Mediante este trabajo, se logró identificar los elementos relacionados con la GC que permitieron distinguir los dos primeros niveles de conocimiento asociados al nivel de capacidad de procesos. Al final de cada ciclo del proyecto SPI, para un nivel 2 de capacidad, la VSE ha creado nuevo conocimiento explícito almacenado en alguna fuente y conocimiento tácito obtenido y transmitido entre los roles participantes.

4.2 Método para la formalización de procesos

Por otro lado, el marco conceptual de GC presentado en la sección 3, integra las entidades del proceso software utilizadas en la descripción de procesos de creación y transferencia de conocimiento, bajo una perspectiva de flujos de conocimiento. Este marco conceptual fue utilizado como referente para la construcción de un método que apoya la formalización de procesos software en pequeñas organizaciones debido: (i) a la profundidad de la información que contiene relacionada con los procesos de exteriorización y adquisición del conocimiento, y (ii) a que plantea un proceso para la gestión de ciclo de vida de conocimiento dentro de una organización describiendo pasos claros para la identificación de tipos de conocimiento (Carvajal & Márquez, 2013).

Los autores Carvajal & Márquez (2013) presentan un método bajo una estructura detallada, legible y adaptable que permite guiar la formalización de actividades al interior de una empresa dedicada al desarrollo de software. Este método tiene como propósito ser una herramienta que permita a las VSEs llevar a un plano formal su quehacer diario, es decir, plasmar como activo de proceso la manera de cómo son llevadas a cabo las distintas actividades, utilizando un enfoque desde la adquisición de conocimiento, para extraer el conocimiento tácito presente en las diferentes personas que realizan actividades críticas en la organización (Carvajal & Márquez, 2013). El método fue construido siguiendo el proceso de exteriorización (E) con el objetivo de reducir la dependencia del conocimiento tácito y aumentar la creación de conocimiento explícito.

En la evaluación del método se usó el protocolo de método de investigación de caso de estudio en Ingeniería de software propuesto por los autores (Pino *et al.*, 2014) y se definieron las métricas esfuerzo, idoneidad y correctitud para responder a la pregunta de investigación ¿Es idóneo el método definido para formalizar conocimiento en pequeñas organizaciones? (Carvajal & Márquez, 2013). Los resultados obtenidos evidenciaron que el método para la formalización aplicado a la estimación de proyectos de software constituye una herramienta suficiente e idónea para plasmar el conocimiento tácito involucrado en la actividad de estimación. Además, a partir de las métricas recolectadas se obtuvieron resultados positivos que permiten verificar que las características deseadas para el método son las adecuadas para VSEs (Carvajal & Márquez, 2013).

5. Conclusiones

Debido a la naturaleza del conocimiento es necesario distinguir diversos modelos para su gestión. Se requieren esfuerzos complementarios e independientes para la aplicación de estrategias de GC en escenarios de desarrollo y mantenimiento de

software, SPI, innovación de procesos, entre otras actividades puntualizando la transdisciplinariedad entre GC e Ingeniería de software.

En este documento se observó la aportación de KoFI al identificar el tipo de conocimiento requerido y aplicado en el análisis de flujos de conocimiento de las entidades proceso software, bajo los enfoques del modelo SECI, ciclo de conocimiento y modelo integrado de ciclo de vida de GC. El propósito es brindar un marco de trabajo útil para el equipo de trabajo o trabajador del conocimiento que propicie la percepción del entorno, la creación de nuevo conocimiento y toma de decisión efectiva en un proyecto SPI basado en conocimiento.

El marco de trabajo está integrado por un marco conceptual y un marco declarativo. El marco declarativo define siete procesos de conocimiento, donde cada uno representa el flujo de conocimiento y la interrelación de los mismos con la dimensión del proceso. Los elementos obtenidos de esta investigación han sido utilizados de manera satisfactoria en trabajos de mejora de procesos, lo cual evidencia la utilidad de esta propuesta en el contexto de la industria del software.

Referencias bibliográficas

- Anaya, R., Cechich, A. & Henao, M. (2007). A model to classify knowledge assets of a process oriented development. In Software process improvement for small, medium enterprises, Techniques and cases studies.
- Capote, J., Llanten Astaiza, C. J., Pardo Calvache, C. J., González Ramírez, A. de J. y Collazos, C. A. (2008). Gestión del Conocimiento como apoyo para la mejora de procesos software en las micro, pequeñas y medianas empresas, *Revista Ingeniería e Investigación*, 28 (1), 137-145.
- Carlsson, S. A. (2002). Towards an understanding and conceptualization of knowledge managing within the context of inter-organizational networks, Third European Conference on Organizational Knowledge, Learning, and Capabilities (OKLC 2002).
- Carvajal, L. F. & Márquez, C. A. O. (2013). Método que apoye la formalización de la estimación de proyectos software en pequeñas organizaciones. Tesis de licenciatura. Universidad del Cauca. Colombia.
- Choo, C. W. (1999). The knowing organization: How organizations use information to construct meaning, create knowledge, and make decisions. Oxford University Press. Oxford, USA.
- Falbo, R. A. y Bertollo, G. (2009). A software process ontology as a common vocabulary about software processes. *International Journal of Business Process Integration and Management*, 4, 239–250. doi: 10.1504/IJBPIIM.2009.032281
- Flores-Rios, B. L., Astorga Vargas, M. A., Rodríguez-Elías, O. M., Ibarra-Esquer, J. E. & Andrade, M. D. C. (2014). Interpretación de las Normas Mexicanas para la Implantación de Procesos de Software y Evaluación de la Capacidad bajo un Enfoque de Gestión de Conocimiento. *Revista Facultad de Ingeniería*, 71 (71), 85-100.

- Flores Rios, B. L., Gastélum Ramírez, S. L. & Rodríguez-Elías, O. M. (2010). Modeling Knowledge Flows in Software Projects Management Processes, International Conference on Knowledge Management and Information Sharing (KMIS), España, 213-217.
- Flores-Rios, B. L., Ibarra-Esquer, J. E., Pino, F. J., Astorga-Vargas, M. A., González-Navarro, F. F. & Rodríguez-Elías, O. M. (2014b) La Exteriorización de activos de conocimiento en mejora de procesos software. Encuentro Nacional de Ciencias de la Computación (ENC). México.
- Flores-Rios, B. L., Rodríguez-Elías, O. M. & Pino, F. J. (2013). Administración del producto de trabajo como gestión de conocimiento explícito de conformidad con el estándar ISO/IEC 15504. CONISOFT. México, 29-36.
- Garzón Castrillón, M. A. & Fisher, A. L. (2008). Modelo teórico del aprendizaje organizacional. *Pensamiento y Gestión*, 24, 195-224.
- Gopesh, A., Ward B. & Mohan, T. (2007). Role of explicit and tacit knowledge in six Sigma projects: An empirical examination of differential project success. *Journal of Operations Management*, 8(4), 303-315. doi: 10.1016/j.jom.2009.10.003
- Guo, J. M. & Wang, Y. L. (2008). Context modeling for knowledge flow, Proceedings of 2008 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration, IEEE IRI-2008, Institute of Electrical and Electronics Engineers Computer Society, Piscataway, NJ 08855-1331, USA, pp. 330-335.
- Gupta, A. & Govindarajan, V. (2000). Knowledge flows within multinational corporations. *Strategic Management Journal*, 21 (4), 473-496.
- ISO/IEC TR 24774. (2007). Software and systems engineering – Life cycle management – Guidelines for process description.
- Kautz K. & Nielsen, P. A. (2004). Understanding the implementation of software process improvement innovations in software organizations, *Information Systems Journal*, 14 (1), 3-22. doi: 10.1111/j.1365-2575.2004.00156.x
- Kruchten, P. (1998). The Rational Unified Process: An Introduction, Addison Wesley.
- Mathiassen, L. & Pourkomeylian, P. (2003). Managing Knowledge in a Software Organisation. *Journal of Knowledge Management*, 7(2), 63-80.
- Niazi, M., Wilson D. & Zowghi, D. (2005). A framework for assisting the design of effective software process improvement implementation strategies. *Journal of Systems and Software*, 78 (2), 204-222. doi: 10.1016/j.jss.2004.09.001
- Nissen, M. & R. Levitt. (2002). Dynamic models of knowledge flow dynamics. Disponible en: <http://cife.stanford.edu/online.publications/WPO76.pdf>.
- NMX-I-059/02-NYCE-2011. (2011). Tecnología de la Información - Software - Modelos de Procesos y Evaluación para el Desarrollo y Mantenimiento de Software. Parte 02, Requisitos de Procesos (MoProSoft). NYCE. México.

- Nonaka, I. & Takeuchi, H. (1995). The knowledge-creation company: How Japanese companies create the dynamics of innovation. 1st. Ed. Oxford University Press. USA. 304.
- Oktaba, H. & Piattini, M. (2008). Software Process Improvement for Small and Medium Enterprises. IGI Global, USA.
- Pino, F. J., García, F. O., Ruiz, F. & Piattini, M. (2006). Adaptación de las normas ISO/IEC 12207:2002 e ISO/IEC 15504:2003 para la evaluación de la madurez de procesos software en países en desarrollo. *Revista IEEE América Latina*, 4 (2), 17-24.
- Pino, F., García, F., & Piattini, M. (2007). Priorización de procesos como apoyo a la mejora de procesos en pequeñas organizaciones software. In XXXIII Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI 2007). 77.
- Pino, F. J., García, F. & Piattini, M., (2014). A Retrospective of the Use of Action-Research and Case Study in Software Process Improvement. *Informe técnico*, Junio. 34 p.
- Rodríguez-Elías, O. M. & Martínez García, A. I., (2011). Diseño de sistemas y estrategias de gestión del conocimiento: Un enfoque metodológico orientado a procesos y flujos de conocimiento, Editorial Académica Española, 236 p.

Adaptación de Workflows basada en Ontologías

Álvaro E. Prieto ¹, Adolfo Lozano-Tello ¹

aeprieto@unex.es, alozano@unex.es

¹ Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura, Avda. de la Universidad s/n, 10003, Cáceres, España

DOI: 10.17013/risti.14.67-82

Resumen: Los workflows para procesos administrativos son utilizados en empresas e instituciones públicas pero, para poder utilizarlos adecuadamente en sus distintas áreas y departamentos, deben ser adaptados a las características propias de cada uno de ellos, respetando las normas que regulan el proceso a nivel general. Este problema, llamado Problema de la Adaptación Jerárquica, también implica establecer las medidas que se deben tomar cuando la normativa general cambia, para mantener la consistencia entre los distintos niveles mediante la propagación de los cambios a todas las adaptaciones. Para resolver este problema, en este trabajo se presenta el Método de Adaptación Jerárquica. Un método basado en ontologías que define las reglas que debe satisfacer un workflow genérico para ser considerado adaptable a diferentes casos de aplicación y las reglas que deben satisfacer las adaptaciones. Además, proporciona las operaciones que facilitan tanto la adaptación de los workflows administrativos como la propagación de los cambios.

Palabras-clave: adaptación jerárquica; workflows; ontologías.

Workflow Adaptation based on Ontologies

Abstract: Administrative workflows are used in enterprises and public institutions but, in order to use them adequately in their different areas and departments, they must be adapted to the particular conditions of each one, complying with the general regulations of the process established at the top level. This problem, called Hierarchical Adaptation Problem, also implies establishing the proper measures to accomplish when the general regulation is changed. Such measures must maintain the consistency among the different levels by means of the propagation of the changes to all the adaptations. To solve this problem, this work presents the Hierarchical Adaptation Method. A method based on ontologies that defines the rules that must satisfy a generic workflow to be considered adaptable to different application cases and the rules that must satisfy the adaptations. Moreover, it provides the operations that facilitate both adaptation of administrative workflows and propagation of changes.

Keywords: hierarchical adaptation; workflows; ontologies.

1. Introducción

En instituciones públicas y grandes empresas se utiliza un tipo de proceso de negocio conocido como proceso administrativo. Este tipo de proceso caracteriza por estar regulados por leyes o normativas que definen claramente las actividades que componen el proceso, quién debe realizarlas, cómo deben ser realizadas, cuándo y en qué plazos (Feldman & Khademian, 2000), de manera que tienen una estructura clara y bien definida, donde se conoce con antelación cada posible ruta que puede tomarse a través del proceso (Moore, Stader, Macintosh, Casson-du Mont, & Chung, 1999). Ejemplos de este tipo de procesos serían la solicitud de algún tipo de permiso o material, la gestión de incidencias, la aprobación de presupuestos de gastos, la petición de préstamos bancarios o cualquier proceso administrativo que implique una gestión de expedientes en organizaciones.

Para la gestión automatizada de los procesos administrativos pueden utilizarse workflows (Hollingsworth, 1995). Los workflows para estos procesos suelen proporcionar un conjunto de formularios para ser rellenados y enviados a través de una serie de fases que permiten un encaminamiento sencillo de la información manejada, siguiendo un conjunto de reglas conocidas por todos los participantes involucrados y que normalmente deben terminar con la aprobación por parte de un usuario de la petición o solicitud que inició el proceso. Además, estos workflows no suelen requerir accesos a otros sistemas de información, ni realizar cálculos complejos, pero sí deben disponer de mecanismos que permitan coordinar a los usuarios responsables de cada etapa del proceso y avisarles cuándo deben realizar una tarea (McReady, 1992) (Georgakopoulos, Hornick, & Sheth, 1995) (Alonso, Agrawal, Abbadí, & Mohan, 1997).

Normalmente, estos workflows no tienen que gestionar un elevado número de actividades, los usuarios que intervienen son reducidos y no se manejan grandes cantidades de datos. En cambio, la dificultad en la gestión se produce cuando deben llevarse a cabo en diferentes instituciones con posibles variaciones, situación que se denomina Problema de la Adaptación Jerárquica.

Este problema se produce cuando el workflow de un proceso administrativo debe adaptarse a las características propias de los distintos niveles de las instituciones donde será utilizado, sin que las variaciones que deban realizarse en cada caso particular afecten a las restricciones fijadas para el workflow original. Además, este problema también incluye cómo propagar los cambios que puedan ocurrir en el workflow original a todas sus adaptaciones.

Este problema puede afectar tanto a instituciones públicas como a empresas privadas. Un ejemplo de este problema en instituciones públicas sucede dentro de la Unión Europea cuando regula un proceso administrativo, ya que, antes de ser aplicado en sus estados miembros, deberá ser adaptado a las características particulares de cada uno de ellos, respetando las restricciones fijadas originalmente. Además, este problema puede ser aún más complejo en países como España, dividido en regiones con bastante autonomía legislativa, debido a que existe una ley de procedimiento administrativo¹

¹ Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

que establece el esquema «bases más desarrollo» que permite a estas regiones dictar sus propias normas siempre que se ajusten a las bases estatales. Esto también va a implicar que, si la Unión Europea modifica la normativa que regula el proceso, los cambios no solo deben ser propagados a la adaptación realizada en España a nivel estatal sino también a la adaptación realizada a nivel regional, tal y como se muestra en la Figura 1.

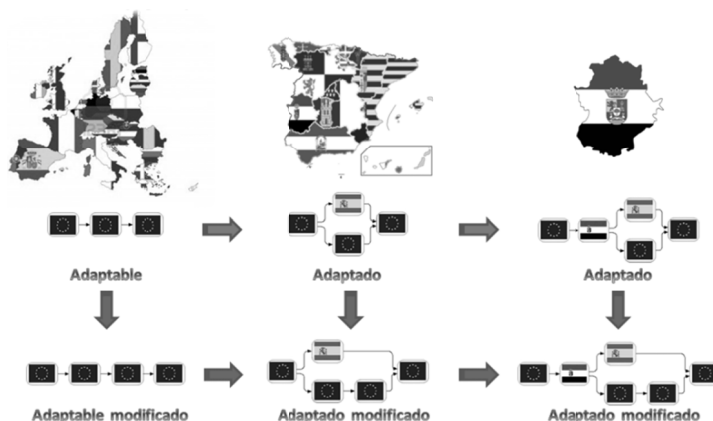


Figura 1 – El Problema de la Adaptación Jerárquica en España.

Las instituciones privadas también se pueden ver afectadas por este problema. Por ejemplo, en muchos países existe un banco central que obliga a las entidades financieras que quieran operar en su jurisdicción a seguir unas determinadas normas en procesos, como la concesión de préstamos a clientes. Dichas normas, que podrían incluir desde los tipos de préstamos que pueden ofrecer o el rango de interés en que se pueden conceder, hasta los plazos de devolución o las actividades que deben realizarse antes de aprobarlo o denegarlo, deben ser adaptadas a la idiosincrasia de cada banco antes de ser aplicadas, pero siempre respetando las restricciones que haya fijado el banco central.

En el Problema de la Adaptación Jerárquica pueden distinguirse 4 etapas interrelacionadas. Estas cuatro etapas, que se muestran en la Figura 2, son:

1. Especificación del workflow genérico. En esta etapa, los ingenieros deben especificar el workflow genérico a partir de la normativa general que regula el proceso. Deberá hacerse en un lenguaje que permita especificar las actividades, su orden y sus plazos, los responsables de realizarlas y los datos necesarios. Además, el lenguaje de especificación utilizado deberá permitir el establecimiento de restricciones para la adaptación sobre los elementos anteriores para que sea posible abordar el resto de etapas del problema.
2. Especificación de restricciones de adaptación. En esta etapa, los ingenieros, a partir de la normativa general del proceso, deberán establecer de forma coherente las restricciones de adaptación que permitan indicar si los distintos elementos del workflow son obligatorios o necesarios en cualquier posible adaptación.

3. Adaptación. En esta etapa, a partir de la especificación del workflow adaptable y, teniendo en cuenta las características de cada caso particular, se deberá especificar el workflow adaptado que siempre debe pero respetando las restricciones fijadas.

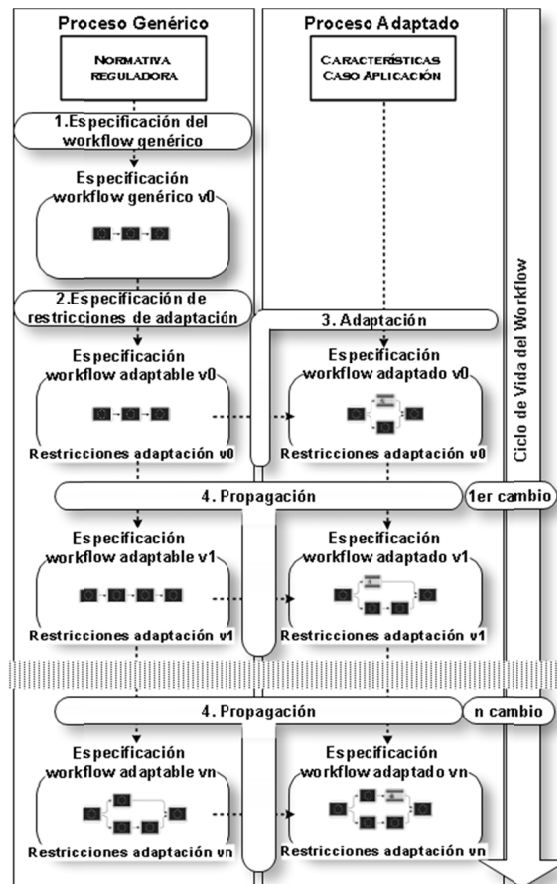


Figura 2 – Etapas del problema de la Adaptación Jerárquica.

4. Propagación. Esta etapa se produce si la normativa que regula el proceso genérico cambia. Esto provoca que sea necesario modificar el workflow adaptable y propagar esos cambios a todos los workflows adaptados a partir de él.

A la vista de estas cuatro etapas, cualquier propuesta que pretenda solucionar el Problema de la Adaptación Jerárquica debería proporcionar los mecanismos necesarios para afrontar todas ellas en su conjunto. Pero, actualmente, los ingenieros responsables de la especificación e implantación de estos workflows no cuentan con ningún método que les permita afrontar este problema con garantías de hacerlo de forma correcta.

En este trabajo se presenta una propuesta para afrontar este problema denominada Método de Adaptación Jerárquica. Este Método se fundamenta en la especificación de los workflows en forma de ontologías. El Método propone una forma de especificar workflows para procesos administrativos y sus restricciones de adaptación junto con las operaciones necesarias para adaptarlos a las características particulares de los entornos donde deban ser aplicados, respetando las restricciones fijadas en el workflow genérico. Además, también proporciona las operaciones necesarias para propagar los cambios que puedan sufrir los workflows genéricos a los workflows adaptados.

Así, en la sección 2 se analiza si las propuestas más conocidas en el campo de especialización y herencia de workflows son aplicables a este problema, en la sección 3 se presenta el Método de Adaptación Jerárquica y, por último, en la sección 4, se presentan los resultados obtenidos en la validación del método por parte de un grupo de Ingenieros de Software.

2. Trabajos Relacionados

Existen propuestas en el campo de herencia y especialización de workflows y procesos que, por sus características, parece el campo de investigación donde los ingenieros pudieran encontrar una forma de afrontar el Problema de la Adaptación Jerárquica.

Una de las primeras propuestas en este campo es la de Wyner y Lee (Wyner & Lee, 1995) en la que defienden que un proceso general sería un tipo de proceso abstracto que contiene todas las posibles variantes, y que las especializaciones realmente restringen el modelo general.

Esta propuesta, aunque interesante a nivel lógico, no es útil si se traslada al Problema de la Adaptación Jerárquica de forma ortodoxa. Esto es debido a que aplicando esta perspectiva de forma estricta, el workflow original debería contener todas las actividades, datos manejados y participantes involucrados de todas las posibles adaptaciones, lo que obligaría a conocer de antemano todos los posibles casos particulares donde va a utilizarse.

La propuesta de herencia de workflows de van der Aalst (Aalst & Basten, 2002), posiblemente la más conocida en este campo, tiene como principal objetivo migrar instancias en ejecución de un workflow modificado. Dado que esta propuesta de especialización sirve para un problema centrado en el nivel de ejecución de los workflows y que el Problema de Adaptación Jerárquica está enfocado en el nivel de definición, no es posible aplicar esta propuesta en este problema.

En cambio, existe una extensión de esta propuesta realizada por Wyner y Lee (Wyner & Lee, 2005) que sí es interesante para resolver el Problema de la Adaptación Jerárquica. En concreto, proponen la “congelación” de elementos limitando las posibilidades a la hora de realizar nuevas adiciones al original. Como se verá en la siguiente sección, el Método de Adaptación Jerárquica propuesto extiende y amplía esta idea de manera que, en el diseño del workflow original, puedan fijarse distintos niveles de restricciones a la adaptación. El problema es que para llevar esto a cabo, tal como los propios Wyner y Lee explican al realizar su propuesta, los lenguajes de representación tradicionales de workflow como WF-net restringen mucho las posibilidades de aplicación de estas ideas.

Este es uno de los motivos principales por los que el Método de Adaptación Jerárquica se basa en la especificación de los workflows en forma de ontologías.

Hay también una propuesta de especialización de procesos en representación del conocimiento basado en herencia no monótona (Bernstein & Grosz, 2003) (Ferndriger et al., 2008). Este trabajo propone una noción de especialización que permite tanto añadir como borrar, lo que implica que la herencia no será monótona ya que afecta a los conceptos heredados. Como se verá en la siguiente sección, en el Método de Adaptación Jerárquica también se va a aplicar la idea de herencia no monótona aunque dicha herencia no monótona va a estar limitada en función de las restricciones de adaptación que se fijen en cada workflow.

La última propuesta analizada define la especialización en función de las actividades y el orden parcial que forman (Choppy, Desel, & Petrucci, 2011). Según esta propuesta la especialización puede producirse si se añade o elimina información, actividades o características al especializado siempre que se respete el orden parcial de ejecución de actividades en las especializaciones. Como se verá también en la siguiente sección, esta idea también se aplica en el Método de Adaptación Jerárquica pero a nivel de definición y no de ejecución.

Para concluir esta sección, se puede decir que ninguna de las propuestas más conocidas en el campo de especialización y herencia de workflows y procesos es aplicable directamente a solucionar el Problema de la Adaptación Jerárquica. Entre las razones se pueden citar, en primer lugar, que todas las propuestas están demasiado orientadas al comportamiento y, por tanto, a las actividades de los procesos sin considerar qué ocurre con los datos y participantes involucrados. En segundo lugar, porque la mayoría de ellas restringen la especialización a una serie de normas predefinidas que no permiten al diseñador del proceso flexibilizar la especialización en función de la naturaleza particular del proceso gestionado por el workflow. Y, en último lugar pero no menos importante, ninguna de estas propuestas aborda el problema de la propagación de cambios desde los workflows de los procesos genéricos a los workflows de los procesos adaptados.

El Método de Adaptación Jerárquica que se presenta a continuación trata de eliminar estas carencias con el objetivo de proporcionar una solución completa al Problema de la Adaptación Jerárquica.

3. El Método de Adaptación Jerárquica

El Método de Adaptación Jerárquica está fundamentado sobre la especificación de workflows en forma de ontologías. Son varios los motivos para esta elección. En primer lugar, la precisión y completitud de las ontologías para la representación de los elementos de los workflows y su versatilidad para representar no solo las actividades, los participantes y los datos involucrados en el workflow de un proceso, sino también para poder establecer las características particulares de adaptación de cada uno de estos elementos en cada workflow. En segundo lugar, la posibilidad de dividir la especificación de un workflow en dos ontologías, una para los datos y participantes del dominio y, otra para describir las propiedades del proceso que gestiona el workflow, y las actividades que lo componen, van a facilitar tanto la reutilización de los datos y

participantes entre los workflows de un mismo dominio como la adaptación de los workflows a los casos particulares. En tercer lugar, el uso de ontologías va a permitir establecer una noción de adaptación más abierta, ya que es el diseñador del workflow del proceso genérico quién establece las restricciones de adaptación concretas de cada workflow. Por último, la especificación de workflows en forma de ontologías, donde cada elemento tiene un propósito perfectamente definido, va a permitir desarrollar el conjunto de operaciones de propagación que se necesitan para que cualquier posible cambio que pueda necesitar el workflow del proceso genérico pueda ser transmitido a todos los adaptados a partir de él.

Sobre esta base, el Método de Adaptación Jerárquica proporciona el conjunto de métodos y operaciones necesarios para afrontar cada una de las cuatro etapas que componen el Problema de la Adaptación Jerárquica y que son resumidas a continuación.

3.1. Primera etapa: especificación del workflow genérico.

Para la primera etapa, en el Método de Adaptación Jerárquica se ha actualizado la propuesta de representación de workflows de procesos administrativos en forma de ontologías que fue propuesta en (Á. E. Prieto & Lozano-Tello, 2009) y reestructurada en (A. E. Prieto & Lozano-Tello, 2012).

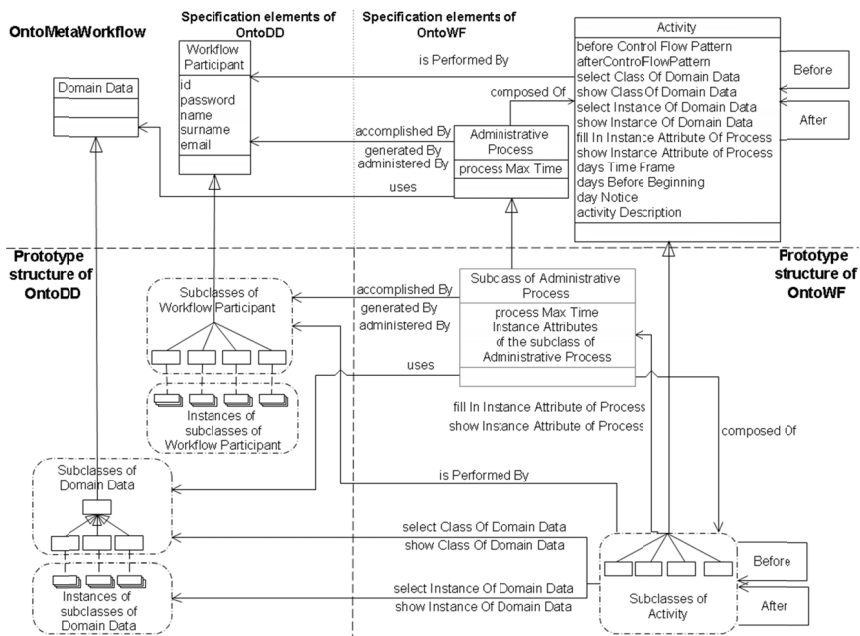


Figura 3 – Elementos de especificación de *OntoMetaWorkflow* junto con el uso de alguno de esos elementos en las ontologías *OntoDD* y *OntoWF*.

Así, la especificación del workflow genérico se va a realizar a partir de la ontología

*OntoMetaWorkflow*². Esta ontología establece el marco base de reglas de representación definiendo los elementos comunes a los workflows para procesos administrativos. A partir de *OntoMetaWorkflow*, un ingeniero de ontologías debe construir o reutilizar, en primer lugar, la ontología *OntoDD*. Esta ontología contendrá los datos relevantes de un dominio concreto y los usuarios que pueden participar en los posibles workflows que se especifiquen en ese dominio. En segundo lugar, se especificará el workflow con la lógica del proceso administrativo dentro de una ontología denominada *OntoWF*. *OntoWF* es una ontología que contendrá las propiedades concretas de un proceso administrativo junto con sus actividades, el orden entre ellas, qué tipo de usuario de los especificados en la ontología *OntoDD* puede realizar las actividades y qué datos especificados en la ontología *OntoDD* serán utilizados por cada actividad.

Para hacer frente al Problema de la Adaptación Jerárquica, se han añadido a *OntoMetaWorkflow* un conjunto de elementos que permiten indicar las restricciones de adaptación a los previamente existentes de especificación (o definición) y ejecución. Estos nuevos elementos de adaptación se utilizan a partir de la segunda etapa y se detallan en la siguiente subsección. Para esta primera etapa se hace uso de los elementos de especificación. Estos elementos permiten especificar las actividades que componen el workflow del proceso, los responsables de realizarlas y los datos necesarios para llevarlas a cabo. En la Figura 3 se muestran estos elementos junto con la forma en que son utilizados en las ontologías *OntoDD* y *OntoWF*.

Además, para afrontar el resto de etapas del Problema de la adaptación Jerárquica, se han definido 24 operaciones básicas³ de modificación que pueden aplicarse sobre un workflow especificado usando *OntoMetaWorkflow* de manera que tras el cambio siga siendo un workflow correcto.

3.2. Segunda etapa: especificación de restricciones de adaptación

En esta etapa, el Método de Adaptación Jerárquica utiliza los elementos de adaptación de *OntoMetaWorkflow* para establecer qué características son esenciales o no en un workflow. Estos elementos van a permitir indicar las características de adaptación del workflow de un proceso genérico. Estas características restringirán las posibles adaptaciones que de él se hagan a casos concretos de aplicación de manera que pueda asegurarse que los workflows adaptados sean adaptaciones jerárquicas válidas del workflow del dominio genérico.

Se han definido tres tipos de elementos de adaptación en *OntoMetaWorkflow*: elementos para indicar obligatoriedad (elementos *Mandatory* en *OntoMetaWorkflow*), elementos para indicar inflexibilidad (elementos *Rigid* en *OntoMetaWorkflow*) y elementos para indicar requerimiento (elementos *Required* en *OntoMetaWorkflow*).

² La nueva versión de *OntoMetaWorkflow* y las herramientas mencionadas en (A. E. Prieto & Lozano-Tello, 2012) están disponibles en <http://uex.be/weapon>

³ Los detalles de estas operaciones están disponibles, entre las páginas 64 y 78, de esta Tesis Doctoral: <http://uex.be/tdaeprieto>

En la Figura 4 se muestran estos elementos junto con la forma en que son utilizados en las ontologías *OntoDD* y *OntoWF*.

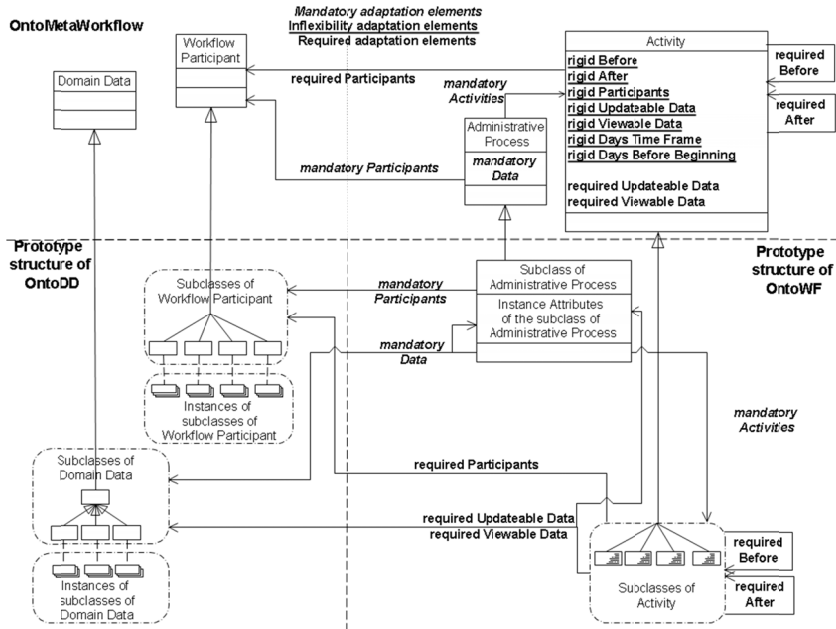


Figura 4 – Elementos de adaptación de *OntoMetaWorkflow* junto con el uso de alguno de esos elementos en las ontologías *OntoDD* y *OntoWF*.

Los primeros (*Mandatory*) se definen sobre el proceso administrativo especificado en *OntoWF* y sirven para indicar las actividades (*Mandatory Activities*), tipos de participantes (*Mandatory Participants*), datos del dominio y propiedades del proceso (*Mandatory Data*) que siempre deben aparecer en cualquier posible adaptación de un workflow.

El segundo tipo de elementos (*Rigid*) se define sobre las actividades y sirven para indicar que no se permite ningún cambio en las actividades inmediatamente anteriores e inmediatamente posteriores a la actividad en cuestión (*Rigid Before* and *Rigid After*), en los tipos de participante que pueden realizarla (*Rigid Participants*), en los datos del dominio y propiedades del proceso que utiliza (*Rigid Updateable Data* and *Rigid Viewable Data*) y en los plazos de tiempo para comenzar y finalizar la actividad (*Rigid Days Time Frame* and *Rigid Days Before Beginning*). De este modo, si en el workflow adaptado alguna actividad no puede satisfacer estas restricciones, es obligatorio eliminar dicha actividad del workflow adaptado.

El tercer tipo de elementos (*Required*) se define sobre las actividades pero en este caso se utilizan para indicar las restricciones mínimas en cuanto a qué actividades deben realizarse antes y después de una actividad (*Required Before* and *Required After*), qué tipos de participante deben estar al menos disponibles para realizarla (*Required Participants*) y qué datos del dominio y propiedades del proceso deben ser utilizados como mínimo en la actividad (*Required Updateable Data* and *Required Viewable*

Data) pero permitiendo que, en todos los casos, puedan añadirse nuevos elementos de alguno de estos tipos. Al igual que con el segundo tipo de elementos, si alguna actividad no es capaz de satisfacer los requisitos fijados, será obligatorio eliminar dicha actividad del adaptado.

A partir de estos elementos de adaptación, en esta etapa del Método de Adaptación Jerárquica se establece que un workflow adaptable será aquel workflow correctamente especificado usando *OntoMetaWorkflow* y que toma valores en algunos de los elementos de adaptación cumpliendo siempre la siguiente restricción: el workflow compuesto exclusivamente de las actividades, datos del dominio, propiedades del proceso y participantes del workflow afectados por los elementos de adaptación del tipo obligatorio debe especificar por sí solo un workflow correctamente especificado usando *OntoMetaWorkflow*. Esta definición implica que para que un workflow sea adaptable no es suficiente con que tome cualquier valor en alguno de los elementos de adaptación sino que es necesario que esos valores estén fijados de forma coherente. Para facilitar la especificación correcta de workflows adaptables, el Método de Adaptación Jerárquica proporciona el método para especificar un workflow adaptable que ayuda a fijar los valores en estos elementos de adaptación en un workflow correctamente especificado usando *OntoMetaWorkflow* y que comprende los siguientes pasos:

1. Indicar qué actividades son obligatorias en cualquier adaptación jerárquica del workflow incluyendo dichas actividades en la relación *Mandatory Activities*. Al menos deben serlo la actividad inicial y una actividad final.
2. A continuación hay que fijar los requisitos de adaptabilidad en lo que a la ubicación de las actividades se refiere. Para ello hay que realizar los siguientes pasos:
 1. Para cada actividad en la ontología *OntoWF*, empezando por la actividad inicial, siguiendo todos los posibles caminos y el orden en que están situadas las actividades y terminando en las actividades finales, indicar si las actividades inmediatamente posteriores (las incluidas en la relación *After*) de la actividad tratada siempre deben ser las mismas usando el atributo *Rigid After*. Si la actividad está incluida en la relación *Mandatory Activities* del workflow, solo debe indicarse este atributo a verdadero si todas las actividades afectadas también lo están.
 2. Para cada actividad en la ontología *OntoWF*, empezando por la actividades finales, siguiendo todos los posibles caminos y el orden inverso en que están situadas las actividades y terminando en la actividad inicial, indicar si las actividades inmediatamente anteriores (las incluidas en la relación *Before*) de la actividad tratada siempre deben ser las mismas usando el atributo *Rigid Before*. Hay que tener en cuenta que si hay algún *Rigid After* situado en una actividad que es inicio de bifurcación entonces la actividad que es final de bifurcación también debe tener a verdadero el atributo *Rigid Before*. Además, si la actividad está incluida en la relación *Mandatory Activities* del workflow, solo debe indicarse este atributo a verdadero si todas las actividades afectadas también lo están.
 3. Para cada actividad en la ontología *OntoWF*, empezando por la actividad inicial, siguiendo todos los posibles caminos y el orden en que están situadas las actividades y terminando en las actividades inmediatamente anteriores a las actividades finales, incluir en la relación *Required After* de

- cada actividad aquellas actividades posteriores que, como mínimo, deben aparecer con posterioridad a la actividad en el workflow. Si la actividad está incluida en la relación *Mandatory Activities* del workflow, solo deben incluirse en esta relación a actividades que también lo estén.
4. Para cada actividad en la ontología *OntoWF*, empezando por la actividades finales, siguiendo todos los posibles caminos y el orden inverso en que están situadas las actividades y terminando en las actividades inmediatamente posteriores a la actividad inicial, incluir en la relación *Required Before* de cada actividad aquellas actividades anteriores que, como mínimo, deben aparecer con anterioridad a la actividad en el workflow. Si la actividad está incluida en la relación *Mandatory Activities* del workflow, solo deben incluirse en esta relación a actividades que también lo estén.
 3. Por último, es necesario fijar los requisitos de adaptabilidad en cuanto a las características de cada actividad se refiere. Para ello hay que realizar para cada actividad en la ontología *OntoWF*, empezando por la actividad inicial y terminando en las actividades finales y siguiendo todos los posibles caminos y el orden en que están situadas las actividades, las siguientes acciones:
 1. Indicar si los participantes disponibles para realizar la actividad siempre deben ser los indicados en la relación *Is Performed By* fijando el atributo *Rigid Participants* a verdadero. Si la actividad está incluida en la relación *Mandatory Activities* del workflow entonces debe incluirse a todos los participantes afectados en la relación *Mandatory Participants* si no lo estaban previamente.
 2. Dado que una de las características de un workflow correctamente especificado usando *OntoMetaWorkflow* es que todas las actividades deben incluir, al menos, un *Workflow Participant* en la relación *Is Performed By*, es necesario incluir alguno de los participantes indicados en la relación *Is Performed By* en la relación *Required Participants*. Además, si la actividad está incluida en la relación *Mandatory Activities* del workflow entonces debe incluirse a todos los participantes afectados en la relación *Mandatory Participants* si no lo estaban previamente.
 3. Indicar si los datos del dominio seleccionables y las propiedades del proceso modificables siempre deben ser los mismos usando el atributo *Rigid Updateable Data*. Si la actividad está incluida en la relación *Mandatory Activities* del workflow entonces debe incluirse a todos los datos y propiedades afectados en el atributo *Mandatory Data* si no lo estaban previamente.
 4. Dado que una de las características de un workflow correctamente especificado usando *OntoMetaWorkflow* es que todas las actividades deben incluir, al menos, una operación de selección sobre datos del dominio o una operación de modificación sobre propiedades del proceso, es necesario incluir alguno de los datos del dominio indicados en los atributos del dominio *Select Class Of Domain Data* o *Select Instance Of Domain Data* o a alguna de las propiedades del proceso indicadas en el atributo *Fill In Instance Attributes of Process* en el atributo *Required Updateable Data*. Además, si la actividad está incluida en la relación

Mandatory Activities del workflow entonces debe incluirse a todos los datos y propiedades afectados en el atributo *Mandatory Data* si no lo estaban previamente.

5. Indicar si los datos del dominio y las propiedades del proceso visualizables siempre deben ser los mismos usando el atributo *Rigid Viewable Data*. Este atributo debe tratarse con precaución porque podría darse el caso de que alguno de los elementos que se debe visualizar no esté en el workflow adaptado porque la actividad donde se seleccionaba o modificaba no está disponible en el workflow adaptado. Por este motivo, este atributo solo debe fijarse a verdadero si todos los datos que visualiza la actividad están incluidos en el atributo *Mandatory Data* y, además, están incluidos en el atributo *Required Updateable Data* de actividades obligatorias anteriores o son manipulados en actividades obligatorias anteriores que tengan fijado a verdadero el atributo *Rigid Updateable Data*.
6. Si alguno de los datos del dominio o de las propiedades del proceso siempre debe poder visualizarse en la actividad, incluir en el atributo *Required Viewable Data* dichos datos del dominio o propiedades del proceso. Al igual que en el paso anterior, este atributo también debe tratarse con precaución porque podría darse el caso de que alguno de los elementos que se debe visualizar no esté en el workflow adaptado porque la actividad donde se seleccionaba o modificaba no está disponible en el workflow adaptado. Por este motivo, en este atributo solo deben incluirse aquellos datos o propiedades que estén incluidos en el atributo *Mandatory Data* y, además, están incluidos en el atributo *Required Updateable Data* de actividades obligatorias anteriores o son manipulados en actividades obligatorias anteriores que tengan fijado a verdadero el atributo *Rigid Updateable Data*.
7. Indicar si el número máximo de días para realizar la actividad es fijo o puede reducirse usando el atributo *Rigid Days Time Frame*.
8. Indicar si es el número mínimo de días antes de comenzar la actividad es fijo o puede ampliarse usando el atributo *Rigid Days Before Beginning*.

Además, hay que indicar que, aunque los elementos de adaptación se especifican en la ontología *OntoWF*, también afectan a la ontología *OntoDD* de dos formas. Por un lado es obligatorio que los participantes afectados por la relación *Mandatory Participants* deban aparecer en la ontología *OntoDD* que use el workflow adaptado. Por otro lado, también es obligatorio que los *Domain Data* afectados por el atributo *Mandatory Data* también deban aparecer en la ontología *OntoDD*. Del mismo modo, las propiedades que el proceso adaptado tenga especificadas en la ontología *OntoWF* al menos deben ser las que están afectadas en el adaptable por el atributo *Mandatory Data*.

3.3. Tercera etapa: adaptación

Para esta etapa, el Método de Adaptación Jerárquica define un workflow adaptado como aquel correctamente especificado usando *OntoMetaWorkflow* que cumple una

serie de restricciones, implícitas y explícitas⁴, para la adaptación con respecto a un workflow adaptable dado.

Por un lado, las restricciones implícitas son aquellas que no dependen de los elementos de adaptación sino que dependen de la propia especificación del workflow en las ontologías *OntoDD* y *OntoWF*. Por otro lado, las restricciones explícitas son aquellas que están relacionadas con los valores que tenga fijado el workflow en los elementos de adaptación.

En resumen, un workflow será un workflow adaptado a partir de un workflow adaptable si:

- Es un workflow correctamente especificado usando *OntoMetaWorkflow*.
- Todos los datos, participantes y actividades obligatorias del workflow adaptable están incluidas en el workflow adaptado.
- Todas las actividades del workflow adaptable, obligatorias o no, incluidas en el workflow adaptado, cumplen las restricciones de inflexibilidad y requerimiento establecidas por sus elementos de adaptación.

Para especificar workflows adaptados correctos a partir de un workflow adaptable, el Método proporciona 20 operaciones para la adaptación jerárquica⁵ que pueden aplicarse sobre el workflow adaptable hasta conseguir el workflow adaptado deseado. Todas estas operaciones de adaptación jerárquica disponibles hacen uso de las operaciones de modificación de un workflow definidas para la etapa 1 pero añadiendo una serie de restricciones previas que vienen marcadas por los valores de los elementos de adaptación contenidos en el workflow adaptable y que deben cumplirse antes de poder aplicar cada operación.

Es decir, si por ejemplo un banco quiere adaptar el workflow genérico de petición de préstamos, basado en las normas del Banco Central a las características particulares de su entidad, las operaciones de esta etapa son las que puede aplicar sobre el workflow genérico para que el workflow adaptado pueda ser considerado correctamente adaptado con respecto al del Banco Central.

3.4. Cuarta etapa: propagación

Para esta última etapa, el Método de Adaptación Jerárquica proporciona 60 operaciones de propagación jerárquica⁶ de los cambios sufridos por un workflow adaptable a sus workflows adaptados. Estas operaciones habrá que aplicarlas si el proceso administrativo especificado en un workflow adaptable sufre uno o varios cambios. Esto va a implicar que, en primer lugar, el workflow adaptable debe ser modificado para contener los nuevos cambios y, en segundo lugar, que estos cambios deben propagarse en cascada a todos los workflow adaptados a partir del workflow adaptable.

⁴ El detalle de todas estas restricciones está disponible, entre las páginas 89 y 91, de esta Tesis Doctoral: <http://uex.be/tdaeprieto>

⁵ Los detalles de estas operaciones están disponibles, entre la página 94 y 106, de esta Tesis Doctoral: <http://uex.be/tdaeprieto>

⁶ Los detalles de estas operaciones están disponibles, entre la página 109 y 169, de esta Tesis Doctoral: <http://uex.be/tdaeprieto>

Estas operaciones han sido definidas para que, por un lado, el workflow adaptable siga manteniendo dicha condición tras su aplicación y además los workflows adaptados mantengan su condición tras su aplicación. Siguiendo con el ejemplo del banco de la sección anterior, las operaciones que aquí se presentan aplicadas en este ejemplo lograrían dos objetivos en el caso de que el Banco Central decidiera cambiar la normativa del proceso de petición de préstamos y, por tanto, cambiar el workflow genérico que lo representa. El primero de ellos es que el workflow genérico tras los cambios siga estando correctamente especificado y siga siendo un workflow adaptable. El segundo es que los bancos que adaptaron dicho workflow a su caso particular, puedan propagar los cambios producidos en el genérico de manera que su workflow adaptado siga manteniendo esta condición con respecto al workflow genérico de Banco Central.

Esto va a suponer que, si las acciones de cada operación jerárquica de propagación de cambios son aplicadas correctamente, tanto en el workflow adaptable como en los workflows adaptados, no será necesario realizar ninguna verificación posterior para asegurar que estos dos objetivos son cumplidos.

4. Validación de la Propuesta

El método ha sido validado en dos fases. En la primera fase fue validado por un grupo de once Ingenieros de Software y, una vez incluidas algunas de sus recomendaciones, fue validado en una segunda fase por un grupo de treinta Ingenieros de Software. En concreto, a ambos grupos se les pidió que tomaran el rol de un Ingeniero que acababa de ser contratado como responsable de los workflows para procesos administrativos en la zona de Extremadura por un banco con distintos departamentos en su sede central de Madrid y con una red de oficinas dividida en zonas geográficas por todo el territorio nacional⁷. Tras completar el caso, cada uno de ellos respondió a un cuestionario de opinión sobre el uso del Método de Adaptación Jerárquica. Aunque se disponía de herramientas software como soporte al método⁸, se decidió que ambos grupos realizaran el proceso analizando la descripción a bajo nivel de las operaciones.

Tras la primera fase de validación, el primer grupo vio como mejorable la claridad en la descripción de algunas operaciones, lo que fue corregido antes de la segunda fase, y puntuaron con una nota muy alta la capacidad de las operaciones para recoger todas las posibilidades y variantes de cambios.

Tras la segunda fase de validación, el segundo grupo destacó especialmente la división de la especificación de cada workflow en dos ontologías, los distintos tipos de operaciones disponibles y, en especial, las operaciones de propagación así como el potencial que tiene su aplicación en administraciones de gran tamaño. Además confirmaron lo avanzado por el primer grupo sobre que el método es completo ya que ambos grupos han estado de acuerdo en que las operaciones son precisas y tienen en cuenta todos los elementos que deben modificarse.

⁷ Los detalles de este caso están disponibles, entre las páginas 289 y 309, de esta Tesis Doctoral: <http://uex.be/tdaeprieto>. Para un caso más completo de aplicación se recomienda revisar el caso mostrado entre las páginas 171 a 264 de esta misma tesis.

⁸ <http://uex.be/wdesigner> y <http://uex.be/wmanager>

Se puede afirmar que, con las opiniones recogidas de los grupos de expertos, los métodos y operaciones que componen el Método permiten su aplicación en la resolución del Problema de Adaptación Jerárquica.

Actualmente se está trabajando en la aplicación de este Método a algunos procesos dentro de la Escuela Politécnica de la Universidad de Extremadura, como, por ejemplo, la adaptación del proceso de presentación de quejas por parte de los estudiantes a partir de la normativa genérica para todos los centros de la Universidad de Extremadura.

5. Conclusiones

Se ha presentado una propuesta para abordar el Problema de Adaptación Jerárquica de workflows para procesos administrativos que principalmente sucede en administraciones públicas y empresas privadas con una estructura jerárquica.

Esta propuesta, denominada Método de Adaptación Jerárquica, se apoya en las ventajas que ofrece la especificación de workflows en ontologías a partir de *OntoMetaWorkflow*. Este método ofrece una adaptación flexible, en la cual, las restricciones que deben satisfacer un workflow genérico y sus adaptaciones, vendrán marcadas por la normativa que regula el proceso administrativo gestionado, y no por una noción de adaptación rígida previamente establecida que no tenga en cuenta las características propias de cada proceso.

Además, el método ofrece el conjunto completo de operaciones de propagación que se deben aplicar si la normativa que regula el proceso es modificada y, por tanto, se necesita cambiar el workflow genérico y transmitir estos cambios en cascada a sus workflows adaptados. Es decir, gracias a estas operaciones se va a facilitar que tanto el workflow genérico como los workflows adaptados satisfagan las restricciones fijadas por la normativa que regula el proceso, a pesar de los cambios que puedan suceder.

Referencias bibliográficas

- Aalst, W. M. P. Van Der, & Basten, T. (2002). Inheritance of workflows: an approach to tackling problems related to change. *Theoretical Computer Science*, 270(1-2), 125–203. doi: 10.1016/S0304-3975(00)00321-2
- Alonso, G., Agrawal, D., Abbadi, A. E., & Mohan, C. (1997). Functionality and Limitations of Current Workflow Management Systems. *IEEE Expert Intelligent Systems And Their Applications*, 12(5), 1–25.
- Bernstein, A., & Grosz, B. N. (2003). Beyond Monotonic Inheritance: Towards Semantic Web Process Ontologies.
- Choppy, C., Desel, J., & Petrucci, L. (2011). Specialisation and Generalisation of Processes. In *Proceedings of the workshop on Petri Nets and Software Engineering (PNSE'11)*, Newcastle, UK (pp. 109–123). CEUR-WS.
- Feldman, M. S., & Khademian, A. M. (2000). Managing for inclusion: Balancing control and participation. *International Public Management Journal*, 3(2), 149–167. doi: 10.1016/S1096-7494(01)00035-6

- Ferndriger, S., Bernstein, A., Dong, J. S., Feng, Y., Li, Y.-F., & Hunter, J. (2008). Enhancing Semantic Web Services with Inheritance. In *Proceedings of the 7th International Conference on The Semantic Web* (pp. 162–177). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Georgakopoulos, D., Hornick, M., & Sheth, A. (1995). An overview of workflow management: From process modeling to workflow automation infrastructure. *Distributed and Parallel Databases*, 3(2), doi: 119–153. 10.1007/BF01277643
- Hollingsworth, D. (1995). *The Workflow Reference Model Document Number TCOO-1003 Document Status - Issue 1.1* (p. 55). Winchester, UK.
- McReady, S. (1992). There is more than one kind of Workflow Software. *Computerworld*, November 2, 85–90.
- Moore, J., Stader, J., Macintosh, A., Casson-du Mont, A., & Chung, P. (1999). Intelligent task management support for new product development in the chemical process industries. In *6th International Product Development Management Conference (PDM 99)* (pp. 787–796). Cambridge, UK.
- Prieto, A. E., & Lozano-Tello, A. (2012). Defining Reusable Administrative Processes Using a Generic Ontology. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering (IJSEKE)*, 22(2), 243–264. doi: 10.1142/S0218194012400050
- Prieto, Á. E., & Lozano-Tello, A. (2009). Use of Ontologies as Representation Support of Workflows Oriented to Administrative Management. *Journal of Network and Systems Management*, 17(3), 309–325. doi: 10.1007/s10922-009-9132-6
- Wyner, G. M., & Lee, J. (1995). Applying specialization to process models. *Proceedings of Conference on Organizational Computing Systems.*, 290 – 301.
- Wyner, G. M., & Lee, J. (2005). Applying Specialization to Petri Nets: Implications for Workflow Design. In *Business Process Management Workshops. BPM 2005 International Workshops, Nancy, France, September 5, 2005. Revised Selected Papers* (Vol. 3812, pp. 432–443). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Evaluación empírica del mapeo de reglas de negocio para el desarrollo de ontologías

Emiliano Reynares ¹, María Laura Caliusco ¹, María Rosa Galli ^{1,2}

ereynares@frsf.utn.edu.ar, mcaliusc@frsf.utn.edu.ar, mrgalli@santafe-conicet.gov.ar

¹ CIDISI Research Center, UTN Santa Fe, B. Lavaysse 610, S3004EWB Santa Fe, Argentina

² INGAR-UTN-CONICET, Avellaneda 3657, S3002GJC Santa Fe, Argentina

DOI: 10.17013/risti.14.83-99

Resumen: Las metodologías de desarrollo de ontologías usadas como un artefacto de software aún constituyen un campo abierto de investigación. Esto se debe a la inmadurez de las metodologías actuales; donde las más reconocidas se basan en UML por ser éste un lenguaje maduro para los ingenieros de software. Trabajos recientes proponen el mapeo de expresiones SBVR a sentencias ontológicas como técnica de desarrollo, pero hasta el momento existe sólo un estudio empírico que compara técnicas basadas en SBVR y UML. El presente trabajo analiza la factibilidad técnica del mapeo SBVR a OWL 2 presentando una primera réplica diferenciada del experimento original variando los enfoques considerados y el tamaño y composición de las unidades experimentales, comparando técnicas de desarrollo basadas en SBVR y ODM. Los resultados obtenidos permiten sostener la factibilidad técnica de los mapeos SBVR a OWL 2, como una técnica de desarrollo de ontologías por ingenieros de software.

Palabras-clave: evaluación empírica; experimento; desarrollo de ontologías; mapeo; regla de negocio

Empirical evaluation of business rules mappings for ontology development

Abstract: The methodologies for the development of ontologies aimed to be used as software artifacts remain to be an open research area. Although the most widely recognized are rooted on UML given the acceptance of that language in the community of software engineering, none of them are fully mature. Recent works propose the mapping of SBVR expressions to ontology statements as a building technique, but just an empirical study comparing SBVR and UML-rooted techniques has been performed until now. This work analyzes the technical feasibility of SBVR to OWL 2 mappings by depicting a first differentiated replication of the original experiment varying the treatments, the size and composition of the experimental units, and comparing the performance of SBVR and ODM-based techniques. The findings allow sustaining the technical feasibility of the SBVR to OWL 2 mappings as an ontology development technique able to be applied by the software engineering community.

Keywords: empirical evaluation; experiment; ontology development; mappings, business rule

1. Introducción

Los sistemas de información empresariales podrían evolucionar en versiones más inteligentes mediante la incorporación de las tecnologías semánticas disponibles. En una gran variedad de ejemplos se ha mostrado que la utilización de ontologías - uno de los pilares de las tecnologías semánticas - brindaría importantes beneficios a los sistemas de información empresariales (Ceravolo, Fugazza & Leida, 2007; Karpovic & Nemuraite, 2011; Alberts & Franconi, 2012; Franconi & Mosca, 2012; Beydoun, Low, Tran, & Bogg, 2011; Calero, Ruiz & Piattini, 2006; Myrgioti, Bassiliades & Miliou, 2013; Demuth & Liebau, 2007; Ruotsalo, 2010; Reynares, Caliusco & Galli, 2012; Shue, Chen & Shiue, 2009; Chen, Huang, Bau & Chen, 2012).

Sin embargo, las metodologías para el desarrollo de ontologías aún constituyen un campo abierto de investigación, dado que ninguna de las propuestas actuales se encuentran completamente maduras (Iqbal, Murad, Mustapha, Sharef & Mohd, 2013). La mayoría de las metodologías no proveen suficientes detalles acerca de las técnicas y actividades empleadas, optando por estrategias convencionales para la identificación de los conceptos ontológicos.

Uno de los enfoques más ampliamente conocidos para el desarrollo de ontologías involucra la aplicación de las mejores prácticas del campo de la Ingeniería del Conocimiento. Sin embargo, dichas prácticas usualmente no forman parte del conjunto de herramientas involucradas en el desarrollo de un sistema de información. Su aplicación implica un proceso de aprendizaje dificultoso tanto para profesionales de la ingeniería de software como para investigadores que no se encuentren particularmente familiarizados con tales conocimientos (Gómez-Pérez, Fernández-López & Corcho, 2004).

A fin de evitar tal inconveniente, un grupo de propuestas metodológicas se basó en estándares ampliamente reconocidos en el campo de la ingeniería de software (Nicola, Missikoff & Navigli, 2009). En general, tales propuestas hacen uso del Lenguaje de Modelado Unificado (UML) (Object Management Group (OMG), 2011) y del Lenguaje de Restricción de Objetos (OCL) (Object Management Group (OMG), 2012) para el modelado conceptual de la ontología (Wang y Chan, 2001)(Guizzardi y otros, 2002)(de Nicola y otros, 2009). Sus principales ventajas radican en la amplia aceptación que posee en la comunidad de ingeniería de software, su representación gráfica estandarizada de los modelos, la gran disponibilidad de herramientas que le brindan soporte y su naturaleza extensible. Sin embargo, la falta de una semántica precisa de conjuntos y la ausencia de una teoría de modelos asociada impide la ejecución de razonadores automatizados sobre modelos UML. Tampoco OCL posee una teoría formal de modelos ni una teoría formal de prueba de modelos, por lo que tampoco resulta un candidato posible para la ejecución de procesos automatizados de razonamiento (Object Management Group (OMG), 2009). El lenguaje Ontology Definition Metamodel (ODM) (Object Management Group (OMG), 2009) es otro enfoque en esta misma dirección (Saripalle, Demurjian, Algarín & Blechner, 2013). ODM es una familia de meta-modelos MOF (Object Management Group (OMG),

2011a), mapeos entre dichos meta-modelos, y mapeos desde y hacia el lenguaje UML (Object Management Group (OMG), 2011b), además de un conjunto de perfiles que permiten el modelado de ontologías mediante herramientas basadas en UML.

En forma opuesta a la notación gráfica de las propuestas basadas en UML, trabajos recientes han remarcado que la definición ontológica de conceptos en un lenguaje formal es muy similar a la descripción de dichos conceptos por medio del lenguaje natural: en ambos casos una expresión es construida mediante la combinación de símbolos de acuerdo a reglas gramaticales (Pinker, 2007; Hoekstra, 2009). Basándose en este punto de vista, algunos autores han propuesto el mapeo de expresiones lingüísticas de reglas de negocio a constructores ontológicos como una técnica de desarrollo de ontologías (Ceravolo, Fugazza & Leida, 2007; Demuth & Liebau, 2007; Karpovic & Nemuraite, 2011; Alberts & Franconi, 2012; Franconi & Mosca, 2012; Reynares, Caliusco & Galli, 2013; Reynares, Caliusco & Galli, 2014b).

El lenguaje *Semantics of Business Vocabulary and Business Rules (SBVR)* soporta este enfoque al brindar a los expertos del negocio una herramienta lingüística para especificar semánticamente los conceptos y reglas del negocio en forma independiente del diseño de un sistema de información (Object Management Group (OMG), 2008). La naturaleza lingüística de este lenguaje permite expresar el conocimiento del negocio a través de sentencias en lugar de diagramas. Este enfoque se basa en la idea de que los diagramas son útiles para describir la organización estructural de los conceptos, pero no resultan prácticos a los fines de definir vocabularios y reglas de negocio. SBVR se basa en predicados de lógica de primer orden con algunas extensiones limitadas en lógica modal. Esta fundamentación teórica en lógica formal constituye una característica clave del lenguaje en contextos donde resulta necesario el razonamiento automatizado, presentando una clara ventaja con respecto al uso de modelos UML/OCL.

El objetivo del presente trabajo consiste en evaluar la factibilidad técnica del mapeo de reglas de negocio en sentencias ontológicas para el desarrollo ontológico. Tal objetivo es satisfecho mediante la realización de un experimento exploratorio que compara la performance relativa de métodos basados en los lenguajes UML y SBVR, respectivamente. La comparación se basa en la evaluación de calidad de las ontologías desarrolladas por 10 grupos de igual tamaño conformados por estudiantes avanzados de ingeniería.

2. Diseño del experimento

Este trabajo representa una réplica diferenciada del experimento descrito en Reynares, Caliusco & Galli (2014a), lo cual permite evaluar el grado de generalización de los resultados obtenidos con respecto a la factibilidad técnica de SBVR como lenguaje de modelado para el desarrollo de ontologías.

Mientras un experimento aislado es útil por sí mismo, los estudios replicados resultan claves en el diseño de estudios científicos dado la naturaleza repetible del conocimiento científico. Además, la primera réplica es la más importante dado que establece si una generalización más amplia es posible. La idea de que una réplica implica la repetición exacta del estudio original constituye un error. En la práctica, la repetición de un

experimento debería consistir en llevar a cabo un estudio distinto y evaluar si los resultados se mantienen o no. Esto permite distinguir dos tipos generales de réplicas: (1) las similares y (2) las diferenciadas. Las réplicas similares permiten establecer rápidamente si un resultado se repite o no. En cambio, el objetivo de una réplica diferenciada consiste en extender el rango de condiciones bajo las cuales los resultados se mantienen (Lindsay & Ehrenberg, 1993).

En el experimento descrito en Reynares, Caliusco & Galli (2014a) la hipótesis a evaluar fue:

Hipótesis 1: Las ontologías desarrolladas por medio de un enfoque basado en la utilización del lenguaje SBVR al menos igualan la calidad de las ontologías desarrolladas mediante UML, considerando que las tareas de desarrollo son ejecutadas por recursos humanos con perfil de ingenieros de software sin conocimientos previos en ingeniería ontológica.

UML ha sido la base de diversas propuestas metodológicas para el desarrollo de ontologías; dada su amplia aceptación en la comunidad de ingeniería de software, su representación gráfica estandarizada de los modelos, la gran disponibilidad de herramientas que le brindan soporte y la naturaleza extensible del lenguaje. Pero la falta de una semántica precisa de conjuntos y la ausencia de una teoría de modelos ha dado origen a la definición de ODM, el cual ataca tales inconvenientes mediante un conjunto de meta-modelos formales, perfiles y mapeos.

El experimento descrito en el presente trabajo analiza la factibilidad técnica del mapeo de expresiones de negocios en sentencias ontológicas con el propósito de extender el rango de condiciones bajo las cuales se mantienen los resultados del primer experimento, evaluando la siguiente hipótesis:

Hipótesis 2: Las ontologías desarrolladas por medio de un enfoque basado en la utilización del lenguaje SBVR al menos igualan la calidad de las ontologías desarrolladas mediante ODM, considerando que las tareas de desarrollo son ejecutadas por recursos humanos con perfil de ingenieros de software sin conocimientos previos en ingeniería ontológica.

La hipótesis es evaluada mediante el análisis de calidad de las ontologías desarrolladas por distintos grupos de estudiantes avanzados de ingeniería.

2.1 Enfoques bajo estudio

A continuación se describen las dos propuestas consideradas en el experimento.

1. El desarrollo de ontologías mediante la aplicación de ODM (Object Management Group (OMG), 2009).
2. El desarrollo de ontologías mediante la aplicación del enfoque de mapeo basado en SBVR propuesto en Reynares, Caliusco & Galli (2013, 2014b).

ODM es una familia de meta-modelos MOF (Object Management Group (OMG), 2011a), mapeos entre dichos meta-modelos, y mapeos desde y hacia el lenguaje UML (Object Management Group (OMG), 2011b), además de un conjunto de perfiles que permiten el modelado de ontologías mediante herramientas basadas en UML. Los meta-modelos reflejan la sintaxis abstracta de varios lenguajes estándares utilizados en

el modelado conceptual y la representación de conocimiento. Sin embargo, lo que hace a un buen modelado de software orientado a objetos no necesariamente hace a una buena ontología: una vez que un modelo particular ha sido transformado en una ontología, es necesario tomar precauciones que permitan asegurar que el modelo resultante soportará las aserciones requeridas. A menudo son necesarias reestructuraciones significativas de la ontología para satisfacer tal punto. ODM provee dos maneras de relacionar los modelos a fin de superar ese problema: (1) mediante perfiles UML y (2) mediante mapeos entre los modelos.

El objetivo de un perfil UML es brindar un puente entre UML y las comunidades de representación de conocimiento en una base semántica bien fundamentada, lo cual constituye un medio de relacionar enfoques de software y de modelado lógico para representar conocimiento. ODM define los perfiles para la primera versión de OWL (World Wide Web Consortium (W3C), 2004a), RDFS (World Wide Web Consortium (W3C), 2004b), y Topic Maps (ISO - International Organization for Standardization, 2005b). Aunque los perfiles proporcionan ciertas facilidades para que los usuarios puedan utilizar UML como base para el desarrollo de ontologías para un lenguaje de representación de conocimiento determinado, no facilitan una transformación completa a través del conjunto de paradigmas de representación incluidos en los meta-modelos ODM. Tales necesidades son satisfechas por los mapeos de un meta-modelo a otro.

Por otra parte, el enfoque de mapeo de reglas de negocio propuesto por Reynares, Caliusco y Galli (2013, 2014b) permite la generación automatizable de una ontología OWL 2 (World Wide Web Consortium (W3C), 2009a) mediante la aplicación de un conjunto de transformaciones sobre las especificaciones SBVR de un dominio. SBVR ha sido concebido para expertos del negocio y diseñado para ser utilizado a fines de satisfacer los requerimientos del negocio. La naturaleza lingüística del lenguaje permite la expresión del conocimiento del negocio mediante sentencias en lugar de diagramas, lo cual responde a la idea de que los diagramas permiten describir estructuralmente los conceptos pero no resultan prácticos a los fines de definir vocabularios y expresar reglas de negocio. SBVR está basado en lógica de predicados de primer orden con algunas extensiones restringidas en lógica de alto nivel y lógica modal.

2.2 Contexto y unidades experimentales

El experimento fue realizado en el contexto del curso de grado denominado "Desarrollo de Sistemas de Información basados en Ontologías", el cual forma parte del último nivel de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional en la provincia de Santa Fe, Argentina. Las unidades experimentales consistieron en 10 grupos de igual tamaño, conformados por 20 estudiantes del curso. Un proceso aleatorio fue utilizado para la generación de muestras de igual tamaño y la asignación de las unidades experimentales a los distintos enfoques. De esta forma, 5 grupos aplicaron el enfoque de mapeo basado en SBVR, mientras los restantes 5 siguieron la propuesta ODM. Los participantes obtuvieron créditos académicos por formar parte del experimento. Además, respondieron una encuesta anónima acerca de su conocimiento previo en relación a los temas involucrados en el experimento, evaluando las mismas en un rango de valores de 1 - conocimientos previos nulos - a 10 - conocimientos previos de nivel profesional -.

Aunque la naturaleza anónima de la encuesta buscaba obtener respuestas sinceras, es necesario considerar el sesgo subjetivo presente en cualquier auto evaluación. En las Figuras 1-3 se muestran las comparaciones de frecuencia sobre conocimientos previos en (P1) el uso de artefactos UML, (P2) el desarrollo de sentencias lógicas y (P3) la ingeniería ontológica, respectivamente¹. Para evaluar las diferencias en las respuestas de los enfoques comparados fue utilizado el test de Mann-Whitney-Wilcoxon (MWW). Este test (también denominado estadístico U o simplemente U) es un test no paramétrico de la hipótesis nula - donde dos poblaciones resultan iguales - contra una hipótesis alternativa - donde una población particular tiende a tener valores mayores que la otra -. El test posee una eficiencia mayor al test "t" en distribuciones no-normales y una eficiencia cercana a la del test "t" en distribuciones normales (Mann & Whitney, 1947; Fay & Proschan, 2010).

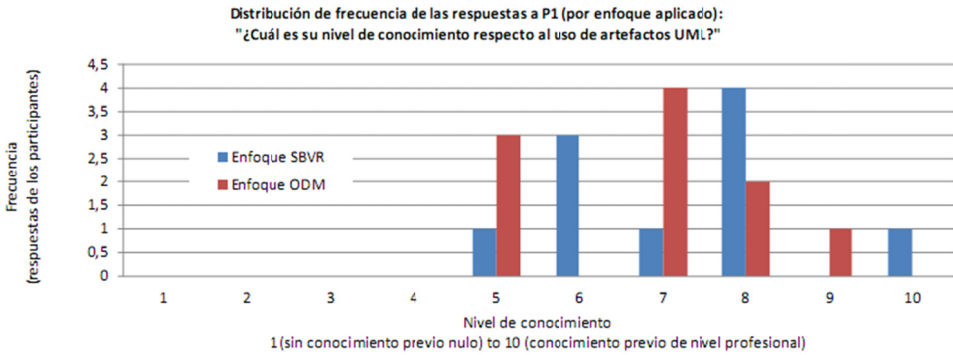


Figura 1 - Distribución de frecuencia de las respuestas a P1 (por enfoque aplicado): "¿Cuál es su nivel de conocimiento respecto al uso de artefactos UML?"

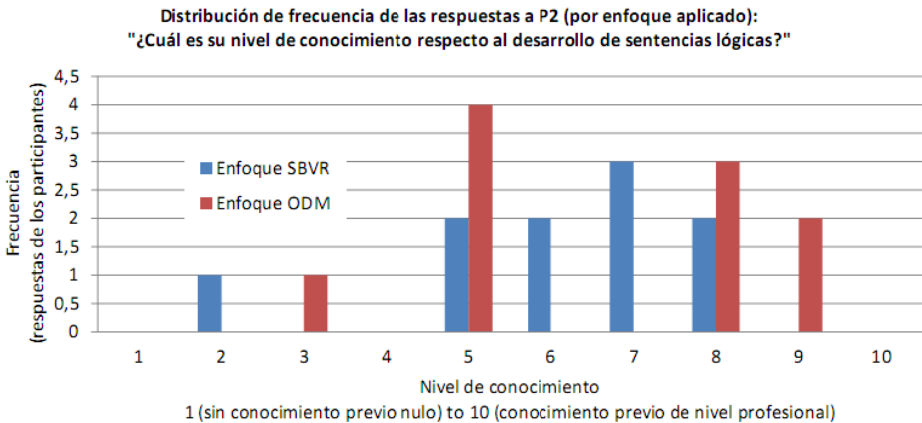


Figura 2 - Distribución de frecuencia de las respuestas a P2 (por enfoque aplicado): "¿Cuál es su nivel de conocimiento respecto al desarrollo de sentencias lógicas?"

¹ La encuesta completa y sus resultados pueden encontrarse en <https://code.google.com/p/development-of-ontologies-experiment-replicated/>

La Tabla 1 muestra los intervalos críticos de U para dos muestras de igual tamaño A y B (donde el tamaño $n = 10$), para test direccionales y no direccionales y para los niveles de significancia más comúnmente utilizados. La hipótesis nula- ambos poblaciones tienden a poseer los mismo valores - se acepta si los valores observados de U se encuentran en el rango comprendido entre los límites superiores e inferiores. La Tabla 2 presenta el valor observado de U para ambos enfoques en cada una de las preguntas de la encuesta. Los valores observados permiten concluir que no existe diferencia estadísticamente significativa entre ambos enfoques en relación a su conocimiento previo sobre P1, P2, y P3. Tales resultados permitieron concluir que ambos grupos poseían el mismo nivel de conocimientos previos en relación a los temas involucrados en el experimento, los cuales se asemejan al conocimiento que un ingeniero de software sin formación previa en ingeniería ontológica posee inicialmente.

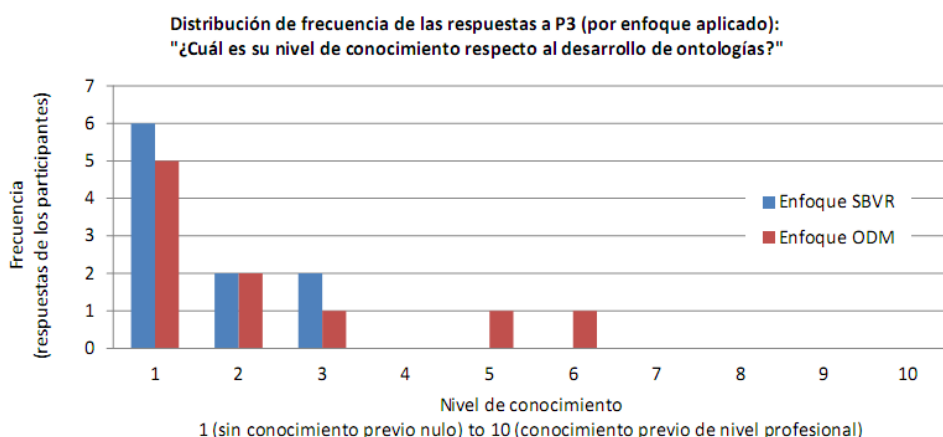


Figura 3 - Distribución de frecuencia de las respuestas a P2 (por enfoque aplicado): "¿Cuál es su nivel de conocimiento respecto al desarrollo de ontologías?"

Tabla 1 – Intervalos críticos de U para dos muestras de tamaño $n = 10$

Intervalos críticos de U			
	Nivel de significancia para:		
	Tests Direccionales		
	0.05	0.025	0.01
	Tests no-Direccionales		
	-	0.05	0.02
Límite inferior	27	23	19
Límite superior	73	77	81

Tabla 2 – Valores de U por enfoque aplicado

Valores de U		
	Enfoque SBVR	Enfoque ODM
<i>Conocimientos previos en:</i>		
<i>(P1) el uso de artefactos UML</i>	42.5	57.5
<i>(P2) el desarrollo de sentencias lógicas</i>	56	44
<i>(P3) ingeniería ontológica</i>	58	42

2.3 Tarea y materiales

La tarea del experimento consistió en la especificación ontológica de las políticas de asignación de becas estudiantiles de la universidad, especificadas originalmente en un documento oficial de la institución y descritas en lenguaje natural. Con respecto a las herramientas, el enfoque basado en SBVR utilizó editores de texto convencionales para modelar el dominio del negocio, mientras aquellos que aplicaron ODM utilizaron la herramienta Microsoft Visio para el desarrollo de los modelos gráficos. Ambos enfoques implementaron la ontología en OWL 2 por medio de Protégé, un editor libre y de código abierto.

3. Resultados

La performance de los dos enfoques fue comparada mediante la evaluación de la calidad de las ontologías desarrolladas. Tal evaluación fue realizada por los autores de este trabajo mediante OQuaRE (Duque-Ramos, Fernández-Breis, Iniesta, Dumontier, Aranguren, Schulz, Aussenac-Gilles & Stevens, 2013; Duque-Ramos, Fernández-Breis, Stevens & Aussenac-Gilles, 2011), un marco de trabajo basado en el estándar SQuaRE para la evaluación de la calidad del software (International Organization for Standardization (ISO), 2005). OQuaRE evalúa las ontologías independientemente de cualquier proceso de desarrollo particular, lo cual consituye un proceso objetivo de evaluación capaz de ser replicado.

OQuaRE define un modelo de calidad y sus respectivas métricas para la evaluación de las ontologías. El modelo de calidad es dividido en dimensiones - o características - organizadas en sub-dimensiones - o sub-características -, las cuales son evaluadas por medio de un conjunto de métricas. OQuaRE define el criterio para normalizar los valores de las métricas en un rango de 1 a 5: calidad no aceptable es asociada al valor 1, la mínima calidad aceptable responde al valor 3, y el valor 5 excede los requerimientos de calidad. Luego de la normalización, el puntaje asociado a cada una de las características es la media de las sub-características asociadas, cuyo valor es calculado como la media de sus métricas. El resultado final de la evaluación de calidad consiste en el conjunto de valores para cada una de las características evaluadas. Esto permite la identificación de las fortalezas y debilidades de las ontologías consideradas en lugar de señalar la "mejor" ontología, como se propone en los trabajos de Lozano-Tello & Gómez-Pérez (2004); Park, Oh & Ahn (2011); y Vrandecic (2010).

Las dimensiones de calidad evaluadas en el presente experimento se describen a continuación:

- La *dimensión estructural* involucra propiedades formales y semánticas que resultan importantes al evaluar ontologías, tales como consistencia, nivel de formalización, redundancia o complejidad.
- La *dimensión de adecuación funcional* refiere al grado de alineamiento de la ontología para su finalidad prevista, de acuerdo a las categorías identificadas por Stevens, Wroe, Gobel & Lord, 2008.
- La *dimensión de mantenibilidad* está relacionada a la capacidad de las ontologías de ser modificadas de acuerdo a cambios en el entorno, en los requerimientos o en las especificaciones funcionales.
- La *dimensión de compatibilidad* refiere a la habilidad de dos o más ontologías para intercambiar información y/o cumplir su función mientras comparten el mismo entorno de hardware o software. Esta dimensión puede ser evaluada sobre una única ontología - aunque intuitivamente involucra las propiedades de más de una -, dado que es cuantitativamente evaluada por medio de un conjunto de métricas aplicadas a cada ontología en forma separada.
- La *dimensión de transferibilidad* es el grado con el cual la ontología puede ser transferida de un entorno a otro. La *dimensión de operatividad* refiere al esfuerzo necesario para utilizar la ontología por un determinado conjunto de usuarios.
- La *dimensión de confiabilidad* es la capacidad de la ontología de mantener su nivel de performance bajo condiciones establecidas, por un período dado de tiempo.

Tres métricas no fueron consideradas en la evaluación de las dimensiones de calidad. Las métricas denominadas *riqueza de las anotaciones* - número medio de anotaciones por clase - y *riqueza de clases* - número medio de instancias por clase - no fueron evaluadas dado que la anotación e instanciación de ontologías no formaba parte del experimento. La métrica denominada *riqueza de atributos* - número medio de atributos por clase - no fue evaluada dado que los atributos no forman parte de la especificación estructural de lenguaje de implementación de las ontologías (World Wide Web Consortium (W3C), 2009b).

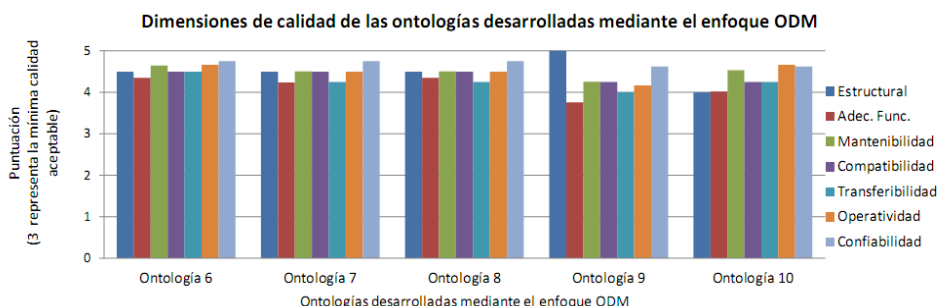


Figura 4 - Puntuación de las dimensionaes de calidad de las ontologías desarrolladas mediante el enfoque SBVR

OQuaRE define también las dimensiones denominadas *eficiencia de performance* y *calidad de uso*. La eficiencia de performance expone la relación entre el nivel de performance de la ontología y los recursos utilizados bajo condiciones establecidas, tomando en cuenta elementos tales como tiempo de respuesta o consumo de memoria. La calidad en uso refiere al grado con el cual la ontología satisface los requerimientos de usuarios específicos. Sin embargo, tales dimensiones no fueron consideradas dado la inexistencia de métricas asociadas a sus correspondientes sub-características. La Figura 4 muestra los niveles de calidad de las ontologías desarrolladas por medio del enfoque basado en el mapeo de expresiones SBVR.

La Figura 5 muestra los niveles de calidad de las ontologías desarrolladas mediante el estándar ODM.

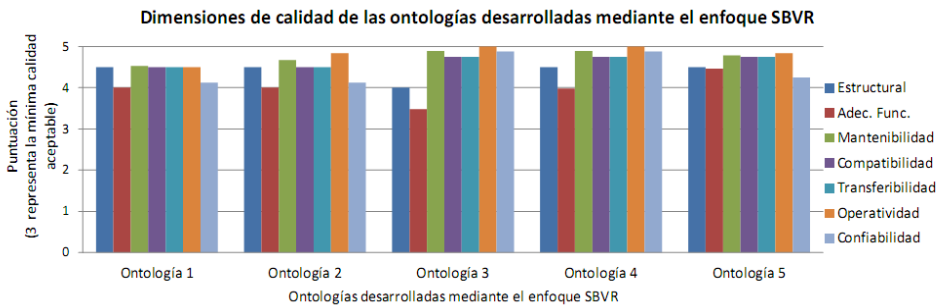


Figura 5 - Puntuación de las dimensiones de calidad de las ontologías desarrolladas mediante el enfoque ODM

5. Análisis de resultados

Un rápido vistazo a las Figuras 4 y 5 permite reconocer un primer resultado importante: de acuerdo a OQuaRE, todas las ontologías superan la mínima calidad aceptable. La Tabla 3 muestra el valor medio de cada una de las dimensiones de calidad evaluadas: la primer columna muestra el nivel de calidad de las ontologías desarrolladas mediante el enfoque basado en SBVR mientras la segunda presenta los valores de las ontologías obtenidas por medio de ODM. Además, la última fila de la tabla muestra el valor medio de la calidad de la ontología de acuerdo al enfoque seguido. Una comparación fila por fila permite observar que las medias de las dimensiones de calidad son muy similares entre ambos enfoques, incluso en sus valores medios globales. Nuevamente, el test MWW permitió evaluar las diferencias entre los valores obtenidos. La Tabla 4 muestra los intervalos críticos de U para dos muestras de tamaño $n = 5$, tanto para test direccionales como no-direccionales y para los niveles de significancia más comúnmente considerados. Finalmente, la Tabla 5 muestra los valores de U para cada enfoque en cada una de las dimensiones de calidad evaluadas. Los valores observados permiten concluir que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos enfoques, en ninguna de las dimensiones evaluadas.

Tabla 3 – Valores medios por dimensión de calidad y enfoque aplicado

Valores medios por dimensión de calidad		
	Enfoque SBVR	Enfoque ODM
<i>Estructural</i>	4.40	4.50
<i>Adecuación Funcional</i>	3.99	4.14
<i>Mantenibilidad</i>	4.75	4.49
<i>Compatibilidad</i>	4.65	4.40
<i>Transferibilidad</i>	4.65	4.25
<i>Operatividad</i>	4.83	4.50
<i>Confiabilidad</i>	4.45	4.70
<i>Media Global</i>	4.53	4.43

Tabla 4 – Intervalos críticos de U para dos muestras de tamaño n = 5

Intervalos críticos de U			
Nivel de significancia para:			
Tests Direccionales			
	0.05	0.025	0.01
Tests no-Direccionales			
	-	0.05	0.02
<i>Límite inferior</i>	4	2	1
<i>Límite superior</i>	21	23	24

6. Discusión

El experimento presentado se encuentra sesgado en forma negativa con respecto al enfoque basado en el mapeo de expresiones SBVR, dado que los participantes poseían conocimientos previos en el uso de artefactos UML mientras el conocimiento acerca del lenguaje SBVR era inexistente.

Resulta interesante destacar el potencial del lenguaje SBVR para expresar nociones complejas de un dominio de interés: mientras las ontologías desarrollas aplicando el enfoque basado en mapeos aprovechan la totalidad del poder expresivo del lenguaje OWL, las desarrolladas mediante ODM sólo comprenden los aspectos básicos de OWL. Aunque no se vea reflejado en los resultados formales del experimento, un aspecto importante de resaltar lo constituyen las sensaciones de los participantes del experimento. Aquellos que aplicaron el enfoque SBVR manifestaron la *simpleza* del proceso de desarrollo basado en la descripción de un dominio por medio del lenguaje natural. En cambio, aquellos que utilizaron ODM expresaron su descontento con un proceso que consideraron dificultoso de ejecutar y cuyos resultados mostraban una complejidad y dimensión que excedía la del dominio real que era objeto del modelado.

La Tabla 6 muestra el poder expresivo de cada una de las ontologías mientras la Tabla 7 presenta los constructores de la Lógica Descriptiva y sus nombres asociados.

Las ontologías desarrolladas fueron examinadas por un experto del dominio para su posterior evaluación de calidad, a fin de obtener cierta retroalimentación respecto a la brecha semántica existente entre la realidad y el modelado realizado. Más allá de las diferencias esperables entre cada modelado de la misma realidad, la totalidad de las ontologías representaban el dominio en forma adecuada. Sin embargo, una evaluación más sistemática y compleja eliminaría cualquier sesgo subjetivo.

Tabla 5 – Valores de U por dimensión de calidad y enfoque aplicado

Valores de U por dimensión de calidad		
	<i>Enfoque SBVR</i>	<i>Enfoque ODM</i>
<i>Estructural</i>	14.5	10.5
<i>Adecuación Funcional</i>	17	8
<i>Mantenibilidad</i>	2	23
<i>Compatibilidad</i>	11.5	13.5
<i>Transferibilidad</i>	3	22
<i>Operatividad</i>	3	22
<i>Confiabilidad</i>	15	10

Tabla 6 – Expresividad de la Lógica Descriptiva por ontología y por enfoque aplicado

Expresividad DL		
<i>Enfoque SBVR</i>	Ontología 1	ALCHIC(D))
	Ontología 2	ALCIQ(D)
	Ontología 3	ALCRQ(D)
	Ontología 4	ALIQ(D)
	Ontología 5	ALCROIQ(D)
<i>Enfoque ODM</i>	Ontología 6	ALU(D)
	Ontología 7	ALUI(D)
	Ontología 8	ALCF(D)
	Ontología 9	ALCO(D)
	Ontología 10	ALCIQ(D)

Aunque cualquier experimento de laboratorio sufre una cierta falta de realismo, un estudio de campo de estas características resulta complejo de diseñar y ejecutar. En cuanto a los sujetos experimentales, existen buenas razones para realizar experimentos con estudiantes. Por ejemplo, a fin de evaluar diseños experimentales y posibilitar un rápido descubrimiento de resultados negativos en los cuales no tenga sentido

profundizar (Tichy, 2000). Los estudiantes también resultan representativos de profesionales de escasa experiencia (Sjøberg, Hannay, Hansen, Kampenes, Karahasanovic, Liborg, & Rekdal, 2005), lo cual es actualmente la condición general de los profesionales de ingeniería de software en relación al uso de tecnologías semánticas.

Tabla 7 – Constructores DL y nombres de lenguaje: "A" refiere a conceptos atómicos, "C" y "D" a cualquier definición de concepto, "R" a roles atómicos y "S" a definición de roles

Constructores DL		
Constructor	Sintaxis	Lenguaje
Concepto	A	FL ₀
Nombre de rol	R	
Intersección	$C \cap D$	
Restricción de valor	$\forall R.C$	FL-
Cuantificación existencial limitada	$\exists R$	AL
Universal		S
Vacío	$\perp$	
Negación atómica	$\neg A$	
Negación	$\neg C$	C
Unión	$C \cup D$	U
Restricción existencial	$\exists R.C$	E
Restricción numérica	$(\geq nR) (\leq nR)$	N
Nominales	$\{a_1 \dots a_n\}$	O
Jerarquía de rol	$(R \subseteq S)$	H
Rol inverso	R^-	I
Restricción cuantificada numéricamente	$(\geq nR.C) (\leq nR.C)$	Q

7. Conclusiones y trabajos futuros

Un requerimiento clave para la adopción de las tecnologías semánticas en entornos reales es la disponibilidad de tecnologías probadas, las cuales garanticen una ingeniería eficiente de ontologías de alta calidad. Sin embargo, tales garantías sólo pueden ser provistas mediante un estudio empírico de las metodologías, técnicas y enfoques propuestos en los ámbitos académicos.

Este trabajo representa una primera réplica diferenciada de un experimento previo, evaluando el grado de generalización de los resultados originales y extendiendo el rango de condiciones bajo las cuales tales resultados se mantienen. Los resultados obtenidos en la réplica presentada permiten sostener aquellos obtenidos en el estudio original. La factibilidad técnica de mapear expresiones SBVR en ontologías OWL 2 ha

sido demostrada, incluso variando el tamaño y composición de las unidades experimentales y los enfoques bajo estudio. Tales resultados refuerzan el potencial de los mapeos SBVR a OWL 2 como una técnica de desarrollo de ontologías digno de un estudio más profundo.

De acuerdo a estos resultados, los trabajos futuros involucran tres aspectos centrales. El primero consiste en la validación, formalización y extensión de los mapeos SBVR a OWL 2 propuestos actualmente. Luego, resulta necesaria la definición de mapeos de SBVR a Cláusulas de Horn expresadas en lenguaje SWRL, estrechando de esta manera la brecha existente en el poder expresivo de SBVR y OWL 2. Finalmente, y desde un punto de vista empírico, el próximo paso consiste en la realización de un experimento controlado destinado a aislar las relaciones entre las dimensiones de calidad de las ontologías y los métodos/prácticas ejecutadas en su desarrollo. Dicho experimento requiere de un diseño más complejo y detallado a fin de balancear exitosamente los aspectos de monitoreo y realismo, a fin de ser capaces de generalizar los resultados a entornos industriales. Además, la evaluación de las ontologías por medio de diversos marcos de trabajo proveería un panorama más completo de su nivel de calidad.

Referencias bibliográficas

- Alberts, R. & Franconi, E. (2012). An integrated method using conceptual modelling to generate an ontology-based query mechanism. In P. Klinov, & M. Horridge (Eds.) *OWL: Experiences and Directions Workshop 2012 (OWLED)*. Greece volume 849 of CEUR Workshop Proceedings.
- Beydoun, G., Low, G., Tran, N. & Bogg, P. (2011). Development of a peer-to-peer information sharing system using ontologies. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9352-9364. doi: 10.1016/j.eswa.2011.01.104
- Calero, C., Ruiz, F. & Piattini, M. (2006). *Ontologies for Software Engineering and Software Technology*. Springer, Heidelberg.
- Ceravolo, P., Fugazza, C. & Leida, M. (2007). Modeling semantics of business rules. In *EcoSystems, Digital Technologies Conference. DEST 07*. 171-176.
- Chen, R.C., Huang, Y.H., Bau, C.T. & Chen, S.M. (2012). A recommendation system based on domain ontology and SWRL for anti-diabetic drugs selection. *Expert Systems with Applications*, 39, 3995-4006. doi: 10.1016/j.eswa.2011.09.061
- Demuth, B. & Liebau, H.B. (2007). An approach for bridging the gap between business rules and the semantic web. In A. Paschke & Y. Biletskiy (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on Advances in Rule Interchange and Applications. LNCS, 4824*, 119-133.
- Duque-Ramos, A., Fernández-Breis, J. T., Iniesta, M., Dumontier, M., Aranguren, M. E., Schulz, S., Aussenac-Gilles, N. & Stevens, R. (2013). Evaluation of the OQuaRE framework for ontology quality. *Expert Systems with Applications*, 40(7), 2696-2703. doi: 10.1016/j.eswa.2012.11.004

- Duque-Ramos, A., Fernández-Breis, J. T., Stevens, R. & Aussenac-Gilles, N. (2011). OQuaRE: A SQuaRE-based approach for evaluating the quality of ontologies. *Journal of Research and Practice in Information Technology*, 43(2), 159-176.
- Fay, M. & Proschan, M. (2010). Wilcoxon Mann Whitney or t-test? On assumptions for hypothesis tests and multiple interpretations of decision rules. *Statistics Surveys*, 4, 1-39. doi: 10.1214/09-SS051
- Franconi, E. & Mosca, A. (2012). The formalisation of ORM2 and its encoding in OWL2 . *Technical Report KRDB Research Centre Technical Report KRDB 12-2*, Faculty of Computer Science, Free University of Bozen-Bolzano Italy.
- Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M. & Corcho, O. (2004). *Ontological Engineering*. Springer/Heidelberg.
- Hoekstra, R. (2009). *Ontology Representation - Design Patterns and Ontologies that Make Sense. Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 197. IOS Press.
- International Organization for Standardization (ISO) (2005). ISO/IEC 25000:2005, Software Engineering - Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE).
- International Organization for Standardization (ISO) (2005b). ISO/IEC 13250-2: Topic Maps Data Model.
- Iqbal, R., Murad, M. A. A., Mustapha, A., Sharef & Mohd, N. (2013). An analysis of ontology engineering methodologies: A literature review. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 6, 2993-3000.
- Karpovic, J. & Nemuraite, L. (2011). Transforming SBVR business semantics into Web Ontology Language OWL 2: Main concepts. In *Proceedings of 17th International Conference on Information and Software Technologies*
- Lindsay, R. M. & Ehrenberg, A. S. (1993). The design of replicated studies. *The American Statistician*, 47, 217-228.
- Lozano-Tello, A. & Gómez-Pérez, A. (2004). Ontometric: A method to choose the appropriate ontology. *Journal of Database Management*, 15(2), 1–18. doi: 10.4018/jdm.2004040101
- Mann, H. B. & Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics*, 18, 50-60.
- Myrgioti, E., Bassiliades, N. & Miliou, A. (2013). Bridging the HASM: An OWL ontology for modeling the information pathways in haptic interfaces software. *Expert Systems with Applications*, 40(4), 1358-1371. doi: 10.1016/j.eswa.2012.08.053
- Nicola, A. D., Missikoff, M. & Navigli, R. (2009). A software engineering approach to ontology building. *Information Systems*, 34(2), 258-275. Doi: 10.1016/j.is.2008.07.002

- Object Management Group (OMG) (2008). Semantics of Business Vocabulary and Business Rules (SBVR). Version 1.0: Formal Specification.
- Object Management Group (OMG) (2009). Ontology Definition Metamodel (ODM). V. 1.0.
- Object Management Group (OMG) (2011a). Meta Object Facility (MOF). V. 2.4.1.
- Object Management Group (OMG) (2011b). Unified Modeling Language (UML). V. 2.4.1.
- Park, J., Oh, S. & Ahn, J. (2011). Ontology selection ranking model for knowledge reuse. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5133–5144. doi: 10.1016/j.eswa.2010.10.002
- Pinker, S. (2007). *The Stuff of Thought*. London, England. Allen Lane.
- Reynares, E., Caliusco, M. L. & Galli, M. R. (2012). EDON: A method for building an ontology as software artefact. In *41st Argentine Conference on Informatics - 13th Argentine Symposium on Software Engineering*. Bs As, Argentina.
- Reynares, E., Caliusco, M. L. & Galli, M. R. (2013). An automatable approach for SBVR to OWL 2 mappings. In *XVI Ibero-American Conference on Software Engineering (CIbSE 2013)*. Montevideo, Uruguay.
- Reynares, E., Caliusco, M. L. & Galli, M. R. (2014a). Approaching the feasibility of SBVR as modeling language for ontology development: An exploratory experiment. *Expert Systems with Applications*, 41(2), 1576–1583. doi: 10.1016/j.eswa.2013.08.054
- Reynares, E., Caliusco, M. L. & Galli, M. R. (2014b). SBVR to OWL 2 mappings: An automatable and structural-rooted approach. *CLEI-EJ*, 17.
- Ruotsalo, T. (2010). *Methods and Applications for Ontology-Based Recommender Systems (PhD. Thesis)*. Ph.D Thesis Alto University School of Science and Technology Finland.
- Saripalle, R. K., Demurjian, S. A., Algarín, A. D. L. R. & Blechner, M. (2013). A software modeling approach to ontology design via extensions to ODM and OWL. *International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS)*, 9(2), 62–97. doi: 10.4018/jswis.2013040103
- Shue, L.Y., Chen, C.W. & Shiue, W. (2009). The development of an ontology-based expert system for corporate financial rating. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 2130–2142. doi: 10.1016/j.eswa.2007.12.044
- Sjøberg, D. I., Hannay, J. E., Hansen, O., Kampenes, V. B., Karahasanovic, A., Liborg, N.K., & Rekdal, A. C. (2005). A survey of controlled experiments in software engineering. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 31(9), 733–753. doi: 10.1109/TSE.2005.97
- Stevens, R., Wroe, C., Gobel, C. & Lord, P. (2008). Application of ontologies in bioinformatics. In S. Staab, & R. Studer (Eds.), *Handbook of Ontologies in Informations Systems*. 635–658. Springer.

- Tichy, W. F. (2000). Hints for reviewing empirical work in software engineering. *Empirical Software Engineering*, 5(4), 309-312. doi: 10.1023/A:1009844119158
- Vrandecic, D. (2010). Ontology Evaluation. Ph.D thesis. University of Karlsruhe.
- World Wide Web Consortium (W3C) (2004a). OWL Web Ontology Language Overview.
- World Wide Web Consortium (W3C) (2004b). RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema.
- World Wide Web Consortium (W3C) (2009a). OWL 2 Web Ontology Language. Document Overview.
- World Wide Web Consortium (W3C) (2009b). OWL 2 Web Ontology Language. Structural Specification and Functional-Style Syntax.

Representación del Conocimiento de la Información Geográfica siguiendo un Enfoque basado en Ontologías

Ana Carolina Tolaba ¹, María Laura Caliusco ¹, María Rosa Galli ²

atolaba@frsf.utn.edu.ar, mcaliusc@frsf.utn.edu.ar, mrgalli@santafe-conicet.gov.ar

¹ CONICET – Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería en Sistemas de Información CIDISI UTN FRSF, Lavaise 610, S3004EWB, Santa Fe, Argentina.

² CONICET – INGAR Instituto de Desarrollo y Diseño, Avellaneda 3657, S3002GJC, Santa Fe, Argentina.

DOI: 10.17013/risti.14.101-116

Resumen: Actualmente el empleo de la información geográfica es inherente a muchos dominios de aplicación en diversas disciplinas. Dado el potencial de la información geográfica, ésta constituye una herramienta relevante para facilitar la toma de decisiones y la gestión de recursos. Existen estándares para la representación a través de modelos conceptuales de la información geográfica. Sin embargo, éstos presentan limitaciones tanto para incorporar expresividad semántica, ya que sólo consideran los aspectos técnicos; como para modelar adecuadamente aplicaciones que utilizan información geográfica, ya que no consideran todos los conceptos involucrados en el dominio geoespacial, sus características y relaciones. En este trabajo se presenta una meta-ontología que permite crear modelos semánticos enriquecidos capaces de representar y realizar inferencias sobre el conocimiento de la información geográfica.

Palabras-clave: Información Geográfica; Interoperabilidad; Meta-ontología; Conceptualización.

A Knowledge Representation of Geographic Information using an Ontologies-based Approach

Abstract: Nowadays, the use of Geographic Information is inherent in many application domains in various disciplines. Given the potential of geographic information, it is an important tool to facilitate decision making and resource management. There are different standards for representation through conceptual models of geographic information. However, these have limitation for both incorporate semantic expressiveness, since only considered the technical aspect, to properly model applications that use geographic information, because they do not consider all the concepts involved in the geospatial domain, their characteristics and relationships. This paper presents a meta-ontology that creates rich semantic models able to represent and make inferences about the knowledge of geographic information.

Keywords: Geographic Information; Interoperability; Meta-Ontology; Conceptualization.

1. Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica (GIS – Geographic Information Systems) tienen entre sus requerimientos la posibilidad de compartir datos e información geográfica (o información geoespacial, o georreferenciada, o datos geoespaciales). Los GIS tienen la capacidad de integrar datos geoespaciales y descriptivos. Dado el potencial de los datos geoespaciales estos constituyen una herramienta relevante para facilitar la toma de decisiones y la gestión de recursos (Garcia-Rojas, Athanasiou, Lehmann, & Hladky, 2013).

Una característica importante de los datos geoespaciales es que pueden ser compartidos y utilizados para otros fines, además del que, para el cual originalmente se gestó (Asmat, 2008). Por esta razón es necesario abordar la problemática del intercambio de datos geoespaciales. Para ello se debe resolver el problema de heterogeneidad de los mismos. Existe una gran variedad de datos geoespaciales disponibles producidos por diferentes organizaciones con diferentes puntos de vista y vocabulario, las que a su vez trabajan sobre diferentes sistemas. Estos datos pueden ser utilizados por otras organizaciones en diferentes aplicaciones (Buccella, Cechich, & Fillottrani, 2009). Las fuentes de datos son heterogéneas en más de un sentido. Particularmente, las diferencias en la conceptualización del dominio entre las distintas fuentes de datos, redundan en diferencias de esquemas lógicos y en los términos que se emplean para definirlos. Esto es causado por los diferentes significados o interpretaciones de los datos de acuerdo al contexto, ya que cada diseñador realiza la abstracción del dominio de acuerdo a la realidad que lo circunscribe y para ello emplea los términos que su lenguaje y su conocimiento del dominio le permite utilizar. A estas diferencias se hace referencia cuando se habla de heterogeneidad semántica (Cruz & Xiao, 2005).

Por lo tanto, los conflictos más importantes que se precisan resolver a causa de la heterogeneidad semántica son (Torres, Quintero, Moreno, & Fonseca, 2005) (Ramos Gargantilla & Vilches Blázquez, 2011):

1. las diferencias en el nivel de abstracción con el que son modelados los datos en las distintas fuentes, y
2. las ambigüedades en el significado de los datos que se manejan, contenidos en las distintas fuentes.

Las últimas dos décadas han sido productivas en términos de desarrollo de estándares para resolver el problema de la heterogeneidad de la información geográfica. La comunidad geoespacial, a través de los órganos normativos, ha desarrollado un conjunto de especificaciones y/o estándares que: facilitan la comprensión y uso de la información geoespacial y aumentan la disponibilidad, el acceso, la integración y el intercambio de información espacial, permitiendo la interoperabilidad de los GIS (Bulens, de Groot, Krause, & Vanmeulebrouk, 2009). Sin embargo, a pesar de los esfuerzos por unificar criterios, estos estándares no han resuelto totalmente los

conflictos planteados anteriormente. Esto se debe principalmente a que los mismos no trascienden el ámbito técnico, por lo que no tienen en cuenta las cuestiones semánticas a nivel de aplicación (Cadena Martínez, Quintero Téllez, Moreno-Ibarra, Torres-Ruiz, & Guzman-Lugo, 2013).

Con el fin de resolver los problemas de heterogeneidad semántica se propone el uso de ontologías. Éstas proporcionan un lenguaje compartido común a nivel conceptual para representar la información incluida en las fuentes originales de información (Staab & Studer, 2009). Las ontologías permiten representar e inferir conocimiento, en un mismo modelo o representación, unificar criterios o conceptos originalmente sin relación alguna entre sí, dándoles a cada uno su lugar en la jerarquía del dominio del conocimiento que representan (Vilches Blázquez, Corcho, Rodríguez Pacual, & Bernabé Poveda, 2008).

En este trabajo se propone un enfoque basado en una meta-ontología geoespacial que permite crear modelos semánticos enriquecidos capaces de representar y realizar inferencias sobre el conocimiento de una aplicación GIS particular. Dicho enfoque está compuesto por una meta-ontología que conceptualiza un dominio geoespacial a través de la descripción semántica de los datos geoespaciales, una heurística para crear un modelo conceptual basado en dicha meta-ontología a partir de la realidad y una heurística para crear un modelo conceptual basado en dicha meta-ontología a partir de una base de datos espacial con el fin de atacar el problema de la heterogeneidad semántica.

2. Modelado Conceptual de la Información Geográfica

2.1 Características del Modelo Conceptual de la información geográfica

Los GIS en sí mismos son un modelo para representar la realidad que poseen dos tipos de componentes: uno espacial, en el cual se manejan la forma, el tamaño y la posición; y otro descriptivo (atributos), de orden tabular, en el cual se caracterizan unívocamente cada una de las entidades espaciales que conforman el modelo.

Las entidades geoespaciales pueden ser conceptualizadas mediante dos perspectivas de modelado diferentes (Shekhar & Xiong, 2008):

- Modelos basados en campos (geo-field): Tratan los datos geoespaciales como un conjunto de distribución continua, por ejemplo, altitud, precipitaciones, temperatura, topografía, pH del suelo, entre otros.
- Modelos basados en objetos (geo-objects): Tratan los datos geoespaciales como una población con objetos reconocibles (espaciales y no espaciales) que son discretos y referenciados espacialmente, por ejemplo, pozos, caminos, entre otros.

Parent et al. (Parent, Spaccapietra, & Zimányi, 2008) destacan algunas de las ventajas de la utilización de un modelo conceptual en aplicaciones que manipulan datos geoespaciales. Por un lado, los usuarios pueden expresar su conocimiento del sistema usando conceptos próximos a su realidad e independientes de los conceptos computacionales o técnicos. Por otra parte, como el modelado conceptual es

independiente de la implementación del sistema, el resultado de la modelización sigue siendo válido en el caso de los cambios tecnológicos.

El proceso de modelado conceptual debe incluir, la descripción y definición de posibles contenidos de los datos, así como las estructuras y reglas que se le aplican. Para el modelado de la información geográfica es necesario considerar los siguientes aspectos (Friis-Christensen, Tryfona, & Jensen, 2001):

- **Propiedades espacio-temporales:** incluyen los requisitos espaciales (coordenadas en un sistema de referencia, representación geométrica: puntos, líneas y polígonos), requisitos temporales (necesidad de registrar el tiempo de existencia y los cambios sufridos por un objeto) y otros atributos necesarios para la representación de los objetos.
- **Roles:** un mismo objeto geográfico puede definirse de diferentes maneras dependiendo del universo de discurso.
- **Asociaciones:** incluye las relaciones entre los objetos (por ejemplo de composición), relaciones topológicas (igualdad, encuentro, superposición).
- **Restricciones:** debe ser posible fijar límites a los valores de los atributos de los objetos. Las restricciones se asocian con la calidad de los datos, la cual se ve afectada negativamente cuando no se cumplen.
- **Calidad de los datos:** esta información es importante para conocer la credibilidad de la fuente y los datos.

2.2. Conflictos Semánticos en la Modelización del dominio geoespacial.

Con el propósito de entender los conflictos semánticos que se presentan a nivel de modelado conceptual de datos geográficos, nos basamos en un paradigma de cuatro niveles con una perspectiva humana propuesto en (Frederic Fonseca, Egenhofer, Agouris, & Câmara, 2002). En la Figura 1 se describen las cuatro etapas consideradas en el modelado de datos geográficos: Realidad (Objeto Geoespacial), Representación Cognitiva, Conceptualización (Modelado Conceptual) y Concretización (Modelado físico).

- **Realidad (Objeto Geoespacial):** Está compuesta por diferentes objetos geoespaciales o fenómenos del mundo real que pueden ser adyacentes entre sí o coincidir espacialmente (Frederic Fonseca et al., 2002). Un objeto geoespacial describe las abstracciones de elementos del mundo real relativos a la superficie terrestre que están asociadas a una posición geográfica definida y a un sistema de referencia espacial (por ejemplo, edificio, río o ciudad). El objeto geoespacial es el punto de partida para el modelado de la información geoespacial.
- **Representación Cognitiva:** Es una vista abstracta y simplificada del mundo que se desea representar para algún propósito (Guarino, Oberle, & Staab, 2009). Es decir, representa el punto de vista, las ideas o pensamientos en la mente, de uno o de un grupo de individuos y cómo éstos interpretan la realidad (Smith, Kusnierczyk, Schober, & Ceusters, 2006). Cada persona puede interpretar de forma distinta a un mismo objeto geoespacial, debido a que las personas construyen su modelo mental concentrándose en los aspectos necesarios para resolver una determinada tarea. Por ejemplo, una persona

puede hacer una representación cognitiva de una ciudad de forma puntual o poligonal. Una ciudad, tendrá sentido considerarla poligonal en estudios de planificación urbana. En el dominio hidrológico la representación cognitiva se asocia a objetos lineales, por ejemplo los cauces o cursos de agua.

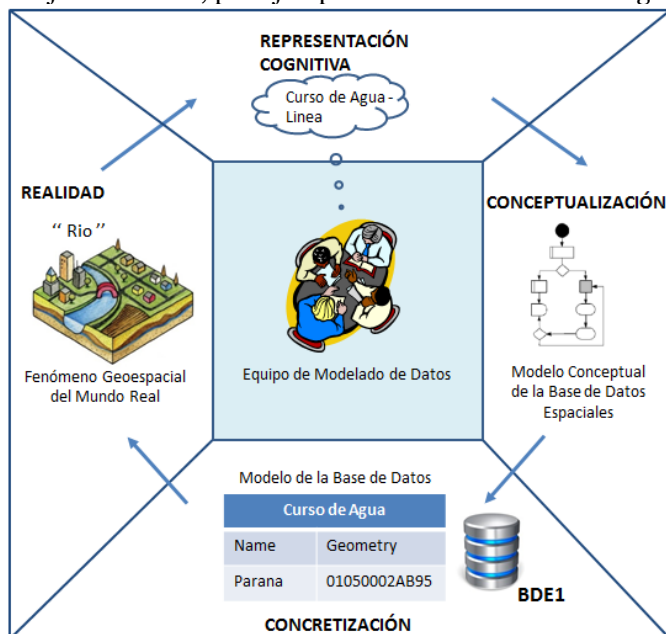


Figura 1 – Paradigma para el Modelado de Datos Geográficos.

- **Conceptualización (Modelado Conceptual):** Tiene como objetivo organizar y estructurar la representación cognitiva en un modelo conceptual que describa el problema y su solución en términos del vocabulario del dominio. En el contexto del modelado de datos geográficos, el modelo conceptual define la estructura de la información que se va a almacenar así como sus principales características (García Ruiz & Otálvaro Arango, 2003). El modelo conceptual de un objeto geoespacial debe representar características y comportamientos de su realidad. Los objetos geoespaciales poseen tres características básicas: atributos, localización y topología (Wu, Xu, Wang, & Xu, 2011). Los atributos refieren a características de los objetos que permiten saber qué son. La localización, representada por la geometría del objeto y su ubicación espacial, permite saber dónde se ubica el objeto y qué espacio ocupa. La topología se define a través de relaciones espaciales y permite conocer la relación que tiene un objeto geoespacial con otro.
- **Concretización (Modelado Físico):** Permite representar de forma física los elementos especificados en el modelo conceptual. La concretización de los modelos conceptuales genera diversas formas de representación ocasionando heterogeneidad sintáctica y semántica en los datos representados. La heterogeneidad sintáctica se refiere a las diferencias en formatos y modelos de datos. La heterogeneidad semántica está presente cuando existe un desacuerdo en el significado, interpretación o uso previsto de los datos.

A partir de este paradigma, podemos observar los conflictos que se presentan en la modelización de la información geográfica. Por un lado, a nivel de modelado los diferentes productores de información producen información con diferentes niveles de granularidad, calidad y estructura debido a diferencias en el nivel de abstracción con el que son modelados los datos en las distintas fuentes. Por lo tanto, el modelado de datos geoespaciales requiere de un lenguaje de modelado que permita construir modelos de datos más específicos y capaces de capturar la semántica de los objetos geoespaciales (Frederico Fonseca, Davis, & Camara, 2003).

Por otra parte, a nivel de explotación de la información el empleo de bases de datos espaciales (BDE) con heterogeneidad debido a las ambigüedades o divergencias en el significado de los datos que manejan, hace que sea difícil para los usuarios descubrir conjuntos de datos y evaluar la utilidad de los mismos para sus tareas. Es necesario hacer explícitas características de las BDE y del dominio geoespacial de modo de poder interpretar e inferir el conocimiento sobre los objetos geoespaciales almacenados.

3. Una meta-ontología geoespacial como propuesta de solución.

Las ontologías apoyan la creación de modelos conceptuales y ayudan con la integración de la información, ya que permiten identificar las estructuras y características mínimas de los datos (Staab & Studer, 2009). Particularmente en el área GIS, las ontologías se pueden utilizar como un enfoque para capturar conceptos universales y significativos que definan el dominio geoespacial.

Por lo tanto, para solucionar los problemas identificados en la sección anterior, tanto a nivel de modelado como a nivel de explotación de la información, se propone el empleo de una meta-ontología geoespacial (Figura 2).

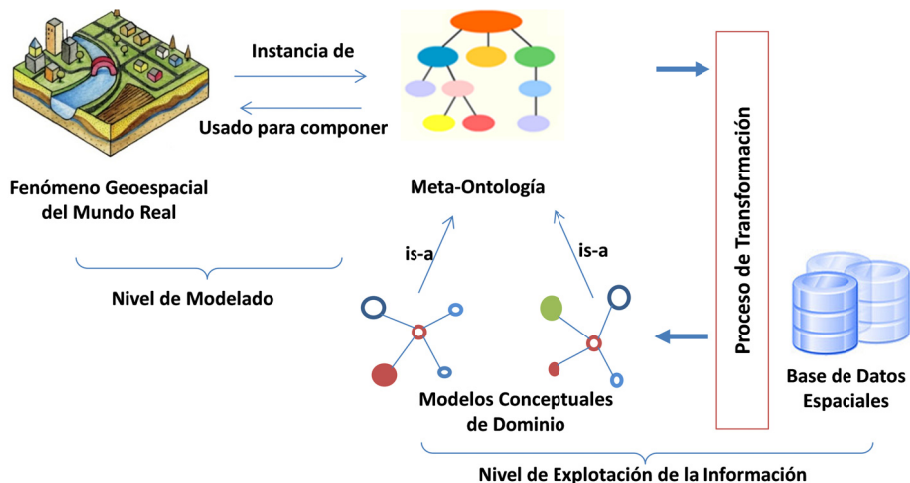


Figura 2 – Usos de la meta-ontología.

A nivel de modelado de los objetos geoespaciales, es necesario establecer una relación entre la abstracción (idea que existe en la mente de los usuarios acerca de un objeto o

problema específico) y el modelo. La Meta-ontología geoespacial se propone para superar las limitaciones de los lenguajes de modelado y permitir a los usuarios describir mejor los objetos espaciales que están siendo modelados.

A nivel de explotación de la información, la Meta-ontología geoespacial se puede utilizar como un framework para ayudar a la construcción de modelos conceptuales de dominio a partir de la información almacenada en una Base de Datos Espacial (BDE).

3.1. Meta-ontología Geoespacial.

La Meta-ontología geoespacial propuesta se define como una 5-tupla $Meta-ontology = \{C, R, A, X, I\}$ donde: C representa un conjunto de conceptos (class), R es el conjunto de relaciones entre los conceptos, A es el conjunto de atributos de los objetos identificados en el dominio, X es un conjunto de axiomas y reglas de los conceptos, relaciones y atributos e I es el conjunto de instancias.

La Meta-ontología geoespacial consta de los siguientes conceptos:

- *GeographicObject*: Representa un conjunto de objetos que tienen una representación espacial, y que pueden ser localizados empleando un sistema de coordenadas.
- *NonGeographicObjects*: Representa un conjunto de objetos con propiedades y relaciones, que pueden tener relaciones con objetos geográficos pero no tienen las mismas propiedades que estos.
- *Geometry*: Representa la geometría de todos los objetos geográficos. Se consideraron los conceptos propuestos por OGC (*Point, LineString, Polygon, Geometry Collection, MultiPoint, MultiLineString, MultiPolygon*).
- *SpatialReferenceSystem*: Se refiere a un sistema de coordenadas local, regional o global utilizado para localizar objetos geográficos. Este sistema de coordenadas es referenciado a la Tierra.
- *Location*: Permite la identificación de dónde los objetos se encuentran ubicados sobre la superficie. Estos pueden ser definidos por coordenadas que expresen su latitud y longitud.
- *Temporality*: Representa un conjunto de entidades que pueden asignar tiempo de validez, tiempo de transacción o tiempo de existencia.
- *Metadata*: Representa un conjunto de información estructurada que describe los datos. Proveen un resume del contenido, propósito, calidad, localización de los datos e información sobre su creación.

Considerando la importancia de las relaciones espaciales y no espaciales para el entendimiento del modelado espacial, se identificaron las siguientes relaciones que caracterizan y que imponen restricciones a los objetos geográficos involucrados:

- *Explain Relationship*: Representa relaciones estructurales entre los diferentes objetos, tanto geográficos como no geográficos. Una relación explicativa es una relación semántica y referencial entre dos conceptos.
- *Geometry Relationship (hasGeometry)*: Se establece para representar la geometría del objeto geográfico.

- *Location Relationship (hasLocation)*: Se establece una relación, porque todos los conceptos geográficos tienen una geometría asociada y la geometría tiene un lugar en el espacio.
- *Spatial Reference Relationship (hasSpatialReference)*: Se establece para asociar un sistema de referencia a un objeto geográfico.
- *Topological Relationship*: Las relaciones topológicas se establecen entre las instancias de los objetos geográficos. Este tipo de relación incluye las siguientes relaciones: equalto, overlap, cross, meet.
- *Temporality Relationship (hasTemporality)*: Se establece para representar aspectos relacionados a la temporalidad del objeto geográfico.

Para poder inferir conocimiento que no se encuentra explícito en la taxonomía de los conceptos se establecieron axiomas, los cuales son:

- *Axiomas de Integridad*: Tienen como propósito restringir la definición de los conceptos y sus relaciones de modo que las definiciones de los términos de dominio se vuelvan más precisas. Estos axiomas se refieren al rango, existencialidad y cardinalidad de las relaciones. Ej. Todo objeto geográfico tiene asociada una geometría y un sistema de referencia.
- *Axiomas de Derivación*: Consisten en una o más condiciones y conclusiones. La conclusión es válida si y sólo si todas las condiciones se cumplen. Las relaciones topológicas pueden hacerse explícitas a través de axiomas de derivación. Ej. Dos puntos son iguales si y solo si tienen la misma longitud y latitud respectivamente.

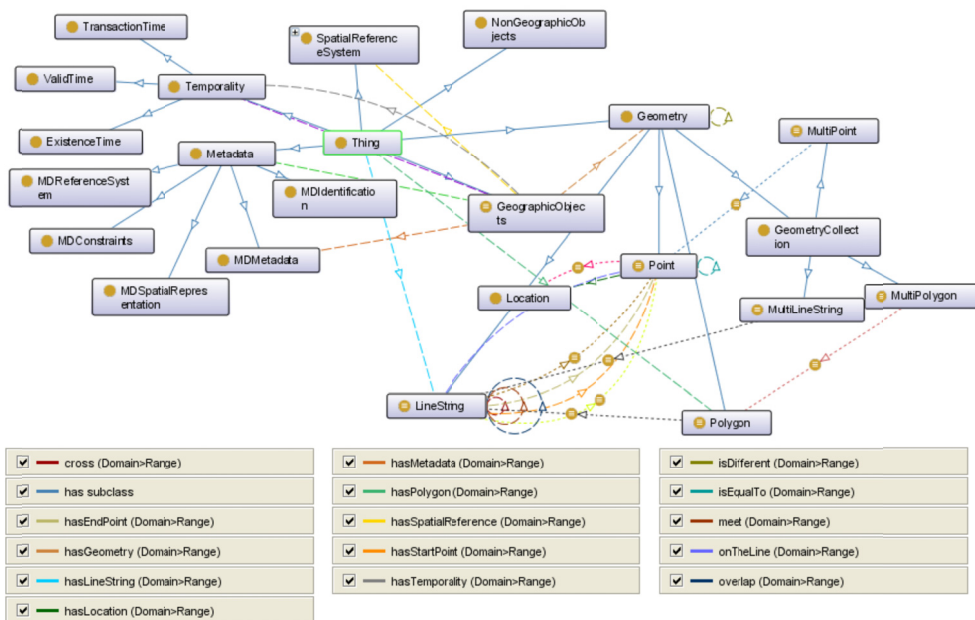


Figura 3 – Meta-ontología

La Meta-ontología geoespacial fue implementada en el lenguaje de ontología OWL 2. Las clases, relaciones y atributos fueron definidos utilizando el editor de ontologías Protégé (<http://protege.stanford.edu/>) (Figura 3).

Para la implementación de los axiomas de integridad se empleó OWL2 (Figura 4). Mientras que los axiomas de derivación fueron implementados mediante el uso del lenguaje SWRL (Semantic Web Rule Language) (Horrocks et al., 2004) (Figura 5). SWRL es un formalismo para la integración de reglas con las ontologías. SWRL extiende los axiomas de OWL para incluir reglas de Horn, manteniendo la máxima compatibilidad con la sintaxis y semántica actual de OWL.

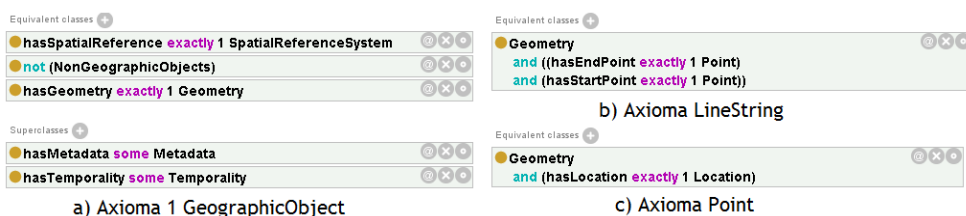


Figura 4 – Axiomas de integridad implementados en OWL



Figura 5 – Axiomas de derivación implementados en SWRL

Para garantizar que la meta-ontología es consistente se validó la definición de los conceptos y su jerarquía de modo de identificar posibles errores de integridad. Para realizar esta tarea se empleó el razonador Pellet (Clark & Parsia, n.d.), que es un plugin de Protégé compatible con el lenguaje OWL2 y con el lenguaje de definición de reglas SWRL.

3.2 Generación de un modelo basado en la Meta-ontología geoespacial a nivel de modelado de la información geográfica.

La Meta-ontología geoespacial permite describir el conocimiento acerca de las características necesarias para expresar el entendimiento de los objetos espaciales. Con

el fin de evitar la ausencia de conceptos y propiedades importantes, la Meta-ontología geoespacial puede sugerir qué términos pueden aparecer en el dominio de aplicación y cómo estos están relacionados a otros términos. Si una base de conocimiento de tales términos está disponible se podría procesar de manera automática y por lo tanto acelerar el proceso de diseño permitiendo obtener un resultado más relevante.

Para generar una ontología basada en la Meta-ontología geoespacial en la tarea de modelado conceptual de datos geoespaciales a partir de la realidad, se proponen las siguientes fases:

Fase 1 Definición del objetivo o misión del sistema: Se definen los requerimientos que se desean satisfacer. Para ello, se formulan preguntas de competencia en un lenguaje natural, que la ontología debe ser capaz de responder.

Fase 2 Desarrollo del modelo basado en la Meta-ontología geoespacial: Este proceso se refiere a la representación de los conocimientos asociados a las entidades del dominio. La Meta-ontología geoespacial propone una serie de primitivas que permiten construir el modelo de las aplicaciones geográficas considerando la perspectiva de modelado basado en objetos (geo-object). En la Meta-ontología geoespacial se especifican los conceptos, en conjunto con sus representaciones básicas y sus relaciones, además de restricciones de integridad espacial.

1. *Identificación de Objetos:* Los conceptos principales definidos por la Meta-ontología geoespacial permiten identificar los objetos geográficos y los convencionales o no geográficos. Los objetos que tienen una representación espacial y que son asociados a elementos del mundo real localizables en la tierra se definirán como conceptos dependientes del definido en la Meta-ontología geoespacial como *GeographicObject*. Ejemplo de esto son los objetos geográficos individualizables asociados a elementos del mundo real, como edificios, ríos, entre otros. Mientras que aquellos objetos con propiedades, que poseen alguna relación con los objetos geográficos pero no poseen propiedades geométricas dependerán del concepto *NonGeographicObject* de la Meta-ontología geoespacial. Estos objetos se encuentran presentes en cualquier sistema de información.
2. *Identificación de Aspectos Temáticos:* Los objetos pueden o no tener atributos espaciales asociados, estos se definirán como *datatype properties* de cada uno de los conceptos definidos.
3. *Identificación de Aspectos Espaciales:* Un objeto del mundo real puede tener diversas representaciones que pueden ser más simples o más elaboradas dependiendo de la percepción que el usuario tenga del objeto y de cómo esa representación afecta a las relaciones que pueden ser establecidas con otros objetos modelados. Los aspectos espaciales están relacionados con una geometría y con la localización de los fenómenos geográficos. La Meta-ontología geoespacial presenta un conjunto fijo de conceptos para la representación geométrica (*Point*, *LineString*, *Polygon* y *Geometry Collection* que indica la composición de las anteriores), además permite la representación de la localización del objeto geográfico a través de las propiedades de latitud y longitud.
4. *Identificación de Relaciones Espaciales y No espaciales:* Se realiza la identificación de las posibles relaciones observables en la realidad. La Meta-

ontología geoespacial representa los tipos de relaciones (*Relaciones explicativas, relaciones espaciales y relaciones topológicas*) que pueden ocurrir entre los conceptos definidos. Las relaciones explicativas representan las relaciones estructurales entre los conceptos geográficos y los no geográficos. Las relaciones espaciales y las topológicas representan las relaciones entre los conceptos geográficos.

Fase 3 Evaluación del modelo basado en la Meta-ontología geoespacial. La evaluación del modelo comprende la verificación de la ontología, tratando de asegurar que sus definiciones implementen los requisitos de manera correcta y la validación de la ontología, es decir, asegurarse que el significado de las definiciones representen verdaderamente el modelo real.

3.3. Generación de un modelo conceptual basado en la Meta-ontología geoespacial a partir de Bases de Datos Espaciales.

A nivel de explotación de la información geográfica la Meta-ontología geoespacial permite la definición de modelos conceptuales de dominio, que representan la semántica de los datos geoespaciales almacenados en una BDE, a través de los procesos de transformación y creación de instancias. Para implementar la Meta-ontología geoespacial a partir de la información disponible en una BDE se proponen las siguientes reglas de transformación:

3.3.1 Reglas para transformar tablas

En una BDE se pueden identificar diferentes tipos de tablas. Cada una de estas tablas, pueden ser transformadas en diferentes elementos de la Meta-ontología geoespacial.

Una BDE basada en el Modelo de Datos Espacial del estándar OpenGIS (ISO, 2001) define un tipo de datos *geometry* que contiene la geometría del objeto y sus coordenadas. Las tablas que cuentan con el atributo *geometry* son tablas que describen objetos espaciales, por lo tanto, se convertirán en conceptos geográficos (*GeographicObject*). Pueden encontrarse otras tablas que son empleadas para describir el dominio de información. Estas tablas conformarán los conceptos no geográficos (*NonGeographicObject*).

Por lo tanto, las tablas que representan objetos espaciales en una BDE se transforman en conceptos geográficos en la ontología con el mismo nombre. Del mismo modo aquellas tablas que representan objetos no espaciales, que no tienen el atributo *geometry*, serán transformadas en conceptos no geográficos considerando aquellas tablas donde la clave primaria de la tabla no está formada únicamente por claves foráneas.

3.3.2 Reglas para transformar columnas

Los atributos de la información son almacenados en las tablas como columnas. Estos deben ser transformados a propiedades de los conceptos. Aquellos atributos que no forman parte de la clave foránea se corresponderán a los atributos (*datatype properties*) de la ontología con el mismo nombre que corresponde con la columna. El

dominio es el concepto creado por la tabla y el rango, el datatype de la columna de la tabla.

En el caso de los atributos espaciales, *geometry*, de un objeto espacial, dado a que no se corresponden con ningún tipo de dato estándar, como entero o cadena, se establece su representación mediante los conceptos de Geometría y Sistemas de Referencia.

Los atributos que pertenecen a la clave foránea (*Foreign key*) se transformarán en relaciones (*Object Properties*) de la ontología. Existe otro tipo de *Object Properties* que permiten definir las relaciones espaciales entre conceptos. Esta relación establece la relación entre un objeto que no tenga el atributo *geometry* en la tabla pero si este relacionado con un objeto espacial.

3.3.3 Reglas para transformar registros

Estas permitirán realizar un proceso de instanciación de la ontología consistente en el mapeo de tuplas almacenadas en una BDE como instancias de la ontología. El mapeo puede definirse como un conjunto de correspondencias orientadas en la que los elementos de las tuplas de la BDE aparecen en más de una oportunidad. La relación entre una tupla de la BDE y un conjunto de elementos de la ontología es la equivalencia, expresada como $\langle id, bdee, oe \rangle$. Donde *id* es el identificador de la equivalencia, *bdee* es el elemento de la BDE (tabla, columna, clave) identificada de acuerdo a su tipo y nombre y por último *oe* es el conjunto de elementos de la ontología que deben ser instanciados considerando las reglas definidas para la Meta-ontología geoespacial.

4. Trabajos relacionados.

Investigaciones realizadas en los últimos años, han sido capaces de crear o adaptar el modelo conceptual de datos para las aplicaciones geográficas (por ejemplo, extensiones de un modelo de entidad-relación ER, o Unified Modeling Language UML). En base a estos enfoques, han sido estudiadas diferentes propuestas para representar y gestionar datos geoespaciales, principalmente aplicaciones geográficas con diferentes propósitos y en diferentes campos de aplicación (Belussi, Catania, Clementini, & Ferrari, 2007).

OMT-G (Object Modeling Technique para aplicaciones geográficas) (Borges, Davis, & Laender, 2001) es un modelo de datos que adopta el enfoque de los conceptos y notación UML para modelar aplicaciones geográficas. Proporciona constructores conceptuales que permiten modelar las relaciones espaciales incluyendo la agregación espacial. Este modelo ofrece primitivas que proporcionan los medios para el modelado de la geometría y topología de datos geográficos. Por lo tanto, supera las limitaciones de los modelos tales como ER. Sin embargo, algunas propiedades espaciales y restricciones de integridad de los datos no se pueden modelar utilizando OMT-G, por ejemplo, la agregación y la conectividad.

GeoUML (Sistemi Informatici, 2004) fue desarrollado para modelar conceptualmente el dominio geográfico y adhiere a la norma ISO relacionada a la información geográfica (ISO TC211). GeoUML proporciona un conjunto de constructores que representan las restricciones de integridad espacial y conjuntos predefinidos de clases que mejoran la comprensibilidad de los diagramas.

GEOPROFILE (Lisboa-Filho, Sampaio, Nalon Ribeiro, & Borges, 2010) fue propuesto para el modelado conceptual de datos del dominio geográfico y reúne las principales características de los modelos conceptuales existentes de datos geoespaciales. GEOPROFILE considera los principales requisitos para aplicaciones geográficas y utiliza la función actual de los modelos de datos conceptuales. Sin embargo, no se consideran los requisitos relacionados con los roles y los metadatos.

Por otra parte, existen diferentes trabajos en los que se proponen la incorporación de semántica a los GIS a través del empleo de ontologías. Buccella (Buccella & Cechich, 2007) propone una arquitectura y un proceso para la integración de fuentes geográficas basado en tareas lógicas y no lógicas. Las tareas lógicas se emplean para calcular inferencias de la semántica de los datos mediante ontologías. Las tareas no lógicas apuntan a encontrar similitudes basadas en análisis sintácticos y estructurales de los datos geográficos. Esta propuesta es considerada a nivel de esquema, es decir tiene en cuenta sólo las estructuras de los datos y no las instancias de los conceptos.

Oliva Santos (Oliva Santos, Maciá Pérez, & Garea Llano, 2010) presenta un modelo de integración entre datos, metadatos y conocimiento geográfico. El modelo se conforma considerando un modelo de persistencia para la integración de la información y un modelo de gestión como una capa de abstracción del modelo de persistencia. Los autores plantean la necesidad de un mecanismo para la integración y recuperación de la información. Si bien en este trabajo se muestra un modelo que emplea las ontologías como estructura de integración y representación formal de conocimiento, no se especifican las características de las ontologías existentes a considerar para lograr la integración.

Tabla 1 – Comparación entre Requerimientos y Modelos

Requerimiento	GeoUML	OMT-G	Geo Profile	Meta-ontología geoespacial
<i>Objetos Convencionales y Objetos Geográficos</i>	Parcial.	Si	Si	Objetos del mundo real: Geográficos y No Geográficos. Metadatos
<i>Localización y Extensión Espacial</i>	Geometría	Si	Si	Geometría, Sistema de Referencia y Localización
<i>Extension Espacial Compleja</i>	-	Si	Si	Multilíneas, Multipuntos y Multipolígonos.
<i>Aspecto Temporal</i>	-	-	Si	Tiempos de Validez, Existencia y Transacción.
<i>Restricciones</i>	Restricciones estructurales	Restricciones de Integridad	-	Axiomas de Integridad y Derivación.
<i>Relaciones</i>	Espacial	Convencionales y Topológicas	Convencionales y Topológicas	Convencionales, Espacio temporales y Topológicas (SWRL).

Vilches Blázquez (Vilches Blázquez, 2011) propone una metodología basada en ontologías de información de bases de datos heterogéneas en el dominio geográfico. Si bien esta metodología indica la construcción de recursos ontológicos se caracteriza por estar limitada al dominio hidrográfico.

A pesar de que los trabajos mencionados anteriormente representan un avance en el área, estas propuestas definen frameworks basados en ontologías que no especifican un proceso para la construcción de ontologías a partir de la información almacenada, por ejemplo en las bases de datos espaciales. Además, no consideran características particulares de los objetos espaciales como las relaciones topológicas. En la Tabla 1 se muestra la comparación de los enfoques existentes y la Meta-ontología geoespacial en función de los requerimientos de modelado de la información geoespacial.

5. Conclusiones

El uso de GIS constituye una herramienta de ayuda para el análisis de datos espaciales. La caracterización de la información geográfica es una necesidad de las comunidades GIS, especialmente para el intercambio de información. En este trabajo se propuso un enfoque basado en una Meta-ontología geoespacial que permite representar y realizar inferencias sobre el conocimiento de la información geográfica. La Meta-ontología geoespacial proporciona primitivas para modelar las características de los datos geográficos de modo de hacer más sencillo el modelado de aplicaciones geográficas. Esto se debe a que busca satisfacer los requerimientos identificados para el modelado de la información geográfica. Con el empleo de la Meta-ontología geoespacial es posible representar los aspectos particulares de los datos geográficos, independientemente del campo de aplicación.

La Meta-ontología geoespacial propuesta en el presente trabajo, a diferencia de las propuestas anteriores, plantea la conceptualización del dominio geoespacial a través de descripción semántica para el tratamiento de la heterogeneidad de los datos geoespaciales. La conceptualización mediante el empleo de la Meta-ontología geoespacial permite, en un mismo modelo, representar e inferir conocimiento a partir de un conjunto de reglas que hacen explícitas propiedades semánticas que se encuentran implícitas en los datos espaciales.

Referencias bibliográficas

- Asmat, A. (2008). Potential of Public Private Partnership for NSDI Implementation in Pakistan. International Institute for Geo-information Science and Earth Observation Enche. de.
- Belussi, A., Catania, B., Clementini, E., & Ferrari, E. (2007). Spatial Data on the Web: Issues and Challenges. In A. Belussi, B. Catania, E. Clementini, & E. Ferrari (Eds.), *Spatial Data on the Web SE - 1* (pp. 1–12). Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-540-69878-4_1
- Borges, K. A. V., Davis, C. A., & Laender, A. H. F. (2001). OMT-G: An Object-Oriented Data Model for Geographic Applications. *GeoInformatica*, 5(3), 221–260. doi:10.1023/A:1011482030093

- Buccella, A., & Cechich, A. (2007). Towards Integration of Geographic Information Systems. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science (ENTCS)*, 168, 45–49. doi:10.1016/j.entcs.2006.08.023
- Buccella, A., Cechich, A., & Fillottrani, P. (2009). Ontology-driven geographic information integration: A survey of current approaches. *Computers & Geosciences*, 35(4), 710–723. doi:10.1016/j.cageo.2008.02.033
- Bulens, J., de Groot, H., Krause, A., & Vanmeulebrouk, B. (2009). OGC standards in daily practice: gaps and difficulties found in their use. In *GSDI 11 World Conference Spatial Data Infrastructure Convergence: Building SDI Bridges to address Global Challenges*. Rotterdam: Global Spatial Data Infrastructure.
- Cadena Martinez, R., Quintero Téllez, R., Moreno-Ibarra, M., Torres-Ruiz, M., & Guzman-Lugo, G. (2013). Comparación Semántica de Conjuntos de Datos Geográficos Conceptualizados por Medio de Ontologías. *Computación Y Sistemas*, 7(4), 569–681. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-55462013000400010&nrm=iso
- Clark, K., & Parsia, B. (n.d.). Pellet: Owl 2 reasoner for java. Retrieved April 01, 2014, from <http://clarkparsia.com/pellet/>
- Cruz, I. F., & Xiao, H. (2005). The Role of Ontologies in Data Integration. *International Journal of Engineering Intelligent Systems for Electrical Engineering and Communications*, 13(4), 245–252.
- Fonseca, F., Davis, C. A., & Camara, G. (2003). Bridging Ontologies and Conceptual Schemas in Geographic Information Integration. *Journal Geoinformatica*, 7(4), 355–378. doi:10.1023/A:1025573406389
- Fonseca, F., Egenhofer, M., Agouris, P., & Câmara, G. (2002). Using Ontologies for Integrated Geographic Information Systems. *Transaction in GIS*, 6(3), 231–257. doi:10.1111/1467-9671.00109
- Friis-Christensen, A., Tryfona, N., & Jensen, C. S. (2001). Requirements and research issues in geographic data modeling. In *Proceedings of the ninth ACM international symposium on Advances in geographic information systems - GIS '01* (pp. 2 – 8). New York, New York, USA: ACM Press. doi:10.1145/512161.512164
- Garcia Ruiz, L. A., & Otalvaro Arango, D. M. (2003). *Diseño de un modelo de datos geográfico que soporte la gestión en organizaciones ambientales*. Universidad de Antioquia.
- Garcia-Rojas, A., Athanasiou, S., Lehmann, J., & Hladky, D. (2013). GeoKnow: Leveraging Geospatial Data in the Web of Data. In *Open Data on the Web Workshop*.
- Guarino, N., Oberle, D., & Staab, S. (2009). What Is an Ontology? In S. Staab & R. Studer (Eds.), *Handbook on Ontologies* (pp. 1–17). Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-540-92673-3_0

- Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., Boley, H., Tabet, S., Grosof, B., & Dean, M. (2004). *SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML*. Retrieved from <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>
- ISO, I. S. O. (2001). ISO/TC 211 19125-2. Simple Feature Access - Part 2:SQL Option.
- Lisboa-Filho, J., Sampaio, G., Nalon Ribeiro, F., & Borges, K. A. V. (2010). GEOPROFILE: UML profile for conceptual modeling of geographic databases. In *Domain Engineering Workshop CAiSE 2010* (pp. 1–14).
- Oliva Santos, R., Maciá Pérez, F., & Garea Llano, E. (2010). Esquema de un Modelo de Integración de Datos, Metadatos y Conocimiento Geográfico. In *VII Jornadas para el Desarrollo de Grandes Aplicaciones de Red JDARE*.
- Parent, C., Spaccapietra, S., & Zimányi, E. (2008). Modeling and Multiple Perceptions. In *Encyclopedia of GIS SE - 805* (pp. 682–690). Springer US. doi:10.1007/978-0-387-35973-1_805
- Ramos Gargantilla, J. Á., & Vilches Blázquez, L. M. (2011). Conflación semántica sobre Linked Data. In *XIV Conferencia de la Asociación Española para la Inteligencia Artificial (CAEPIA2011)*. La Laguna, España.
- Shekhar, S., & Xiong, H. (Eds.). (2008). *Encyclopedia of GIS*. Boston, MA: Springer US. doi:10.1007/978-0-387-35973-1
- Sistemi Informatici, C. I. (2004). *Il Modello Concettuale GeoUML Specifica Formale in UML*. Retrieved from <http://www.intesagis.it>
- Smith, B., Kusnierczyk, W., Schober, D., & Ceusters, W. (2006). Towards a Reference Terminology for Ontology Research and Development in the Biomedical Domain. In *2nd Int. Workshop on Formal Biomedical Knowledge Representation: Biomedical Ontology in Action* (pp. 57–66).
- Staab, S., & Studer, R. (Eds.). (2009). *Handbook on Ontologies*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Torres, M., Quintero, R., Moreno, M., & Fonseca, F. (2005). Ontology-Driven Description of Spatial Data for Their Semantic Processing. In *GeoSpatial Semantics* (pp. 242–249). Springer Berlin Heidelberg.
- Vilches Blázquez, L. M. (2011). *Metodología para la integración basada en ontologías de información de bases de datos heterogéneas en el dominio hidrográfico*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Vilches Blázquez, L. M., Corcho, Ó., Rodríguez Pacual, A. F., & Bernabé Poveda, M. A. (2008). Web Semántica e Información Geográfica: Una interrelación necesaria ante las problemáticas actuales. *Revista Mapping*, (125), 76 – 81.
- Wu, K., Xu, X., Wang, X., & Xu, Y. (2011). A Method for Modeling Power Spatial Data Based on Object-Relational Model. In Y. Zhou (Ed.), *International Conference on Computer Science and Information Technology ICCSIT*. Chengdu, China.

Crítérios Editoriais

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

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

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

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

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

Criterios Editoriales

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

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

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

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

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

Chamada de Artigos

Encontra-se aberto até 1 de abril de 2015 o período de envio de artigos para o décimo quinto número da RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, o qual será publicado durante o próximo mês de junho de 2015.

Este número é dedicado à Governança das Tecnologias da Informação (TI) e às Ferramentas Informáticas para Auditoria e pretende integrar contribuições originais e relevantes nas diferentes dimensões e vertentes desta temática. Os tópicos recomendados incluem os listados abaixo. No entanto, também serão bem-vindos outros tópicos relacionados com estas temáticas mas aqui não incluídos:

- Processos de Governança das TI
- Modelos de Governança para SI
- Metodologias de Gestão das TI (COBIT, ITIL, etc.)
- Fatores Críticos de Sucesso na Governança das TI
- Ferramentas e Métricas para Avaliar os Processos e as Políticas de Governança
- Recursos Humanos versus Governança das TI
- Papel das TI nos Procedimentos de Auditoria
- Ferramentas Informáticas na Detecção de Fraude
- Procedimentos Analíticos de Auditoria
- Aplicações de Mineração de Dados na Gestão das TI
- Aplicações de Mineração de Dados na Detecção de Fraude e Risco
- Desafios Presentes e Futuros da Governança das TI

Os artigos devem ser escritos em Português ou Espanhol. Para informações sobre dimensão, normas de formatação e processo de submissão, agradecemos a consulta do Portal da RISTI: <http://www.aisti.eu/risti>

Llamada de Artículos

Se encuentra abierto hasta al día 1 de Abril de 2015 el período de envío de artículos para el décimo quinto número de la RISTI - Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información, el cual será publicado durante el próximo mes de Junio de 2015.

Este número se dedica a la Gobernanza de las Tecnologías de la Información (TI) y Herramientas Informáticas para la Auditoría. Pretende integrar contribuciones originales y relevantes en las diferentes dimensiones y aspectos de este tema. Los asuntos recomendados incluyen los abajo listados, pero también serán bienvenidos otros asuntos relacionados con la temática y aquí no incluidos:

- Procesos de Gobernanza de las TI
- Modelos de Gobernanza para SI
- Metodologías de Gestión de las TI (COBIT, ITIL, etc.)
- Factores Críticos de Éxito en la Gobernanza de las TI
- Herramientas y Métricas para Evaluar los Procesos y las Políticas de Gobernanza
- Recursos Humanos y Gobernanza de las TI
- Papel de las TI en los Procedimientos de Auditoría
- Herramientas Informáticas en la Detección de Fraude
- Procedimientos Analíticos de Auditoría
- Aplicaciones de Minería de Datos en la Gestión de TI
- Aplicaciones de Minería de Datos en la Detección de Fraude y Riesgo
- Retos Actuales y Futuros de la Gobernanza de las TI

Los artículos deben ser escritos en portugués o español. Para obtener información sobre longitud, reglas de formato y proceso de envío, por favor consulte el Portal de la RISTI: <http://www.aisti.eu/risti>

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

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 aisti@aisti.eu



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: _____



Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação



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