

INGENIERÍA DE SOFTWARE EN EL DESARROLLO DE OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE

Pilar Urrutia, Alex Paucar

Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador
purrutia@uta.edu.ec

RESUMEN:

Este artículo aborda el tema de la Ingeniería de Software en el Desarrollo de Objetos Virtuales de Aprendizaje. Tomando al Objeto Virtual de Aprendizaje (OVA) como software educativo, se considera que para su construcción se necesita de la Ingeniería de Software para alcanzar resultados de calidad. Además, se le separa del desarrollo de software tradicional debido a que está orientado a un ambiente educativo y exhibe la necesidad de técnicas y recursos adicionales. Se presenta una nueva metodología basada en la ingeniería del software para la elaboración de recursos didácticos reutilizables en entornos de aprendizaje online, así como las condiciones para su almacenamiento en repositorios de objetos de aprendizaje.

Palabras clave: Ingeniería de Software, Objetos Virtuales de Aprendizaje, metadatos, repositorio, ISDOA

ABSTRACT:

This paper discusses the issue of Software Engineering in the Development of Virtual Learning Objects. Taking the Virtual Learning Object (OVA) as educational software, its construction requires software engineering to reach quality results. Also it is separated from traditional software development because it is oriented to an educational environment and presents the need for additional techniques and resources. We present a new methodology based on software engineering for the development of reusable educational resources in online learning environments and their storage conditions in digital repositories.

Keywords: Software Engineering, Virtual Learning Object, metadata, SEDLO

Artículo Recibido: 1 de julio de 2013

Artículo Aceptado: 25 de septiembre de 2013

1. Introducción

Dentro de la nueva perspectiva de la enseñanza centrada en el aprendizaje en los entornos de formación on-line, el concepto de objeto virtual de aprendizaje (OVA) juega un papel importante en la construcción y distribución personalizada de contenidos, así como la reutilización de los mismos en nuevos contextos [1].

El concepto de OVA fue introducido en 1997 por L' Allier [2] y se refiere a aquellos recursos digitales que apoyan la educación y pueden reutilizarse constantemente. Se dice que es la mínima estructura independiente que contiene un objetivo, una actividad de aprendizaje y un mecanismo de evaluación. Dada la definición de L'Allier, en algún momento se les ha comparado con átomos, ya que parten de la filosofía de reducir un concepto, a su mínima expresión. Así, al unir diferentes átomos se obtienen moléculas, y al unir diversos OVA se generan lecciones, unidades, temas e incluso cursos [3].

Una de las mayores dificultades en la construcción de los OVA, es la tendencia a la disociación con la Ingeniería del Software (IS) originada generalmente porque los proyectos son liderados por profesionales que enfatizan más en el producto que en el método. Como resultado, las soluciones quedan expuestas al ensayo y error, es decir, a veces, sin necesidad de una metodología rigurosa se alcanzan soluciones de alta calidad, pero también es probable que se propongan objetos que difícilmente son incorporados a los procesos de aprendizaje, porque no llenan las expectativas de los profesores y de los estudiantes [4].

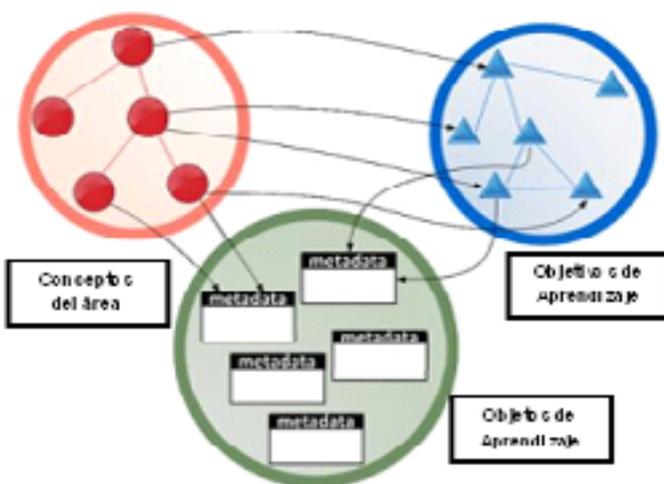


Figura 1 Estructura de un Objeto Virtual de Aprendizaje

2. Estructura de un Objeto Virtual de Aprendizaje

Muchos investigadores trataron de abordar la estructura de un OVA, desde una perspectiva educativa, mediante la determinación de los elementos que lo componen. En particular, según Metros [5] un recurso digital, para ser considerado como OVA, debe incluir: 1) un objetivo de aprendizaje, 2) una actividad práctica, y 3) una evaluación.

Una definición similar es proporcionada por Mortimer [6], quien sostiene que un OVA debe incluir metadatos, un objetivo de aprendizaje, contenido, así como las actividades y evaluaciones que apoyan al objetivo especificado. Otro enfoque para la estructura de un OVA es el propuesto por A. Gallenson et. al [7], en donde un OVA se centra en el apoyo a un objetivo de aprendizaje específico, es descrito por los metadatos y puede contener oportunidades para la práctica, la simulación, la interacción colaborativa, evaluación y recursos educativos.

El denominador común, entre las observaciones anteriores, es que un OVA debe tener contenido educativo, estar asociado con los objetivos de aprendizaje y las necesidades que se describen mediante un conjunto apropiado de metadatos [6]. En la Figura 1 se ilustra la estructura de un OVA.

2.1 Metadatos

Literalmente un metadato es un dato que describe a otro dato; información acerca de un objeto. Sin embargo, el objetivo de los metadatos no es sólo proporcionar una descripción sobre un conjunto de datos sino permitir el descubrimiento de los objetos, idea que más tarde, Greenberg [8] generaliza y en la que describe a los metadatos como una función facilitadora.

Los metadatos deben apoyar las actividades y el comportamiento del objeto, al permitir no solamente su descubrimiento sino también la aplicación del mismo. Respecto a los objetos de aprendizaje, la función principal es apoyar el aprendizaje. En este caso los metadatos son los facilitadores de este aprendizaje.

En segundo lugar, los metadatos se definen como datos estructurados. Generalmente, los metadatos se clasifican en las siguientes categorías: metadatos descriptivos, metadatos estructurales y metadatos administrativos [9].

3. Ingeniería de Software en un Objeto Virtual de Aprendizaje

La construcción de software es el evento fundamental de la ingeniería de software (IS). Los programadores trabajan construyendo e integrando programas a través de técnicas de codificación, validación y pruebas, pero es de carácter esencial no minimizar fases tan cruciales como la planeación del proyecto, el análisis de requerimientos, el diseño y la gestión de la calidad [10].

Según Thayer [11], la IS es la aplicación sistemática de métodos, herramientas y técnicas para cumplir con el requisito u objetivo establecido para un efectivo y eficiente software. En el caso del software educativo igualmente deben tenerse en cuenta estas consideraciones. Pues como en todo proyecto de software, el ciclo de vida consiste en convertir los requerimientos planteados por los usuarios en un producto de software con funcionalidades específicas en un contexto de uso específico [10].

La IS de los OVA se define como el estudio de los conceptos, métodos, modelos, técnicas y herramientas para facilitar el análisis, diseño, producción, implementación, evaluación y prueba de productos de software destinado a mejorar procesos de aprendizaje. Dicho software precisa de una estrecha relación de cooperación y conjunción de conceptos entre la práctica docente, la didáctica y la IS [10].

4. Metodología propuesta

Se propone una metodología basada en la Ingeniería del Software para Desarrollar Objetos Virtuales de Aprendizaje (ISDOA) por ser una técnica que contempla la calidad del Software, y que acopla los conceptos de IS en el desarrollo de OVA. Además, permite que la parte pedagógica se encuentre inmersa en todo el ciclo de vida del OVA. Otra ventaja que se consigue al implementar ISDOA es facilitar el desarrollo por incrementos (cada incremento libera parte de la funcionalidad requerida), permitiendo obtener resultados visibles en todo el proceso. El método propuesto, ISDOA difiere de otras propuestas por ser una metodología que se soporta en dos pilares, el plan de pruebas y evaluación de la calidad. Esta propuesta considera que los dos pilares anteriores deben ejecutarse en todas sus fases, con la finalidad de validar y verificar constantemente el producto y obtener un resultado final de mejor calidad. En la Figura 2 se describen las etapas de esta nueva técnica.

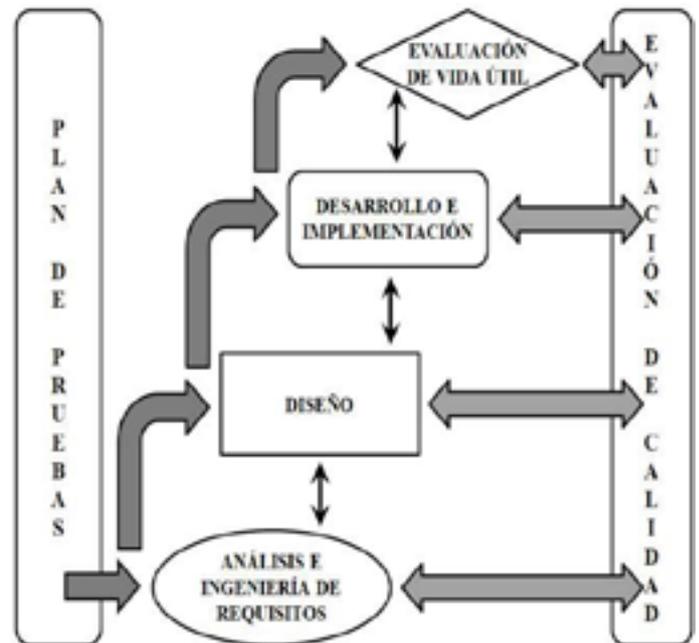


Figura 2 Metodología basada en Ingeniería del Software para el Desarrollo de Objetos de Aprendizaje propuesta

A continuación se describen las fases de la metodología ISDOA, las cuales han sido definidas por E. Serna et. al [12].

4.1 Análisis e Ingeniería de Requisitos

En esta fase se especifican los requisitos funcionales y no funcionales del OVA y se realizan fundamentalmente dos actividades:

Análisis y comprensión del problema. En esta actividad se debe comprender el problema para el cual se diseña el OVA. Los pasos para lograrlo son: 1) identificar docentes, con experiencia y formación en el contexto del problema, con la finalidad de entablar diálogos acerca de los contenidos, autoevaluación, dificultades formativas; y así determinar los estilos de aprendizaje y estructurar la didáctica del objeto; 2) definir el público objetivo, las áreas temáticas y sus dificultades formativas, para estructurar el objeto de acuerdo con sus intencionalidades e intereses formativos; 3) diseñar la estructura didáctica del OVA, con base en los contenidos y los estilos de aprendizaje y 4) seleccionar los contenidos, de acuerdo con los especialistas, los objetivos de aprendizaje y las dificultades formativas identificadas [12].

Ingeniería de Requisitos. En términos generales, la ingeniería de requisitos envuelve todas las actividades del ciclo de vida dedicadas a la licitación, el análisis, la especifica-

ción, la negociación para derivar requisitos adicionales y la validación de los requisitos especificados [12].

Las dos actividades anteriores permiten crear el entorno base para comprender el problema y la especificación de los requisitos que se utilizarán en la siguiente fase de ISDOA. La clave es diseñar casos de uso dinámicos [13] y especificar los requisitos lo más formalmente posible [14].

4.2. Diseño

La etapa del diseño consiste en el modelado arquitectónico del OVA, con base en los requerimientos de aprendizaje y los elementos pedagógicos y didácticos, definidos en la fase de Análisis e Ingeniería de Requisitos; comprende las siguientes actividades:

- Diseñar el problema
- Modelar la solución
- Diseñar prototipos
- Evaluar prototipos
- Definir patrón de arquitectura y metadatos
- Determinar derechos de autor.

Además, se tiene como producto:

- Arquitectura de software
- Prototipo no funcional
- Patrón de arquitectura y metadatos
- Objeto funcional

4.3 Desarrollo e Implementación

En esta fase se desarrolla el diseño especificado y se implementa en el contexto que se determinó en la primera fase. Después, se selecciona una herramienta compatible con los requisitos especificados para su desarrollo; se definen las herramientas de desarrollo respecto al entorno gráfico, el lenguaje de programación, la base de datos, los ambientes multimedia, entre otros, que deben funcionar en cualquier dispositivo para aprendizaje.

Posteriormente, se llevan a cabo las actividades de la verificación de la compatibilidad de los requisitos en hardware y en software mediante escenarios de pruebas funcionales y la validación del objeto en los diferentes contextos de software y de hardware que satisfacen las especificaciones mínimas definidas en la primera fase de ISDOA, con

el objetivo de analizar su comportamiento y para verificar su arquitectura neutra, es decir, que la funcionalidad del objeto no se vea afectada por las diferentes características del sistema del contexto, como los sistemas operativos, los navegadores, las herramientas de auditoria, entre otras.

La calidad del OVA, como producto formativo, se evalúa desde las perspectivas pedagógica y didáctica, para lo cual existen propuestas como la evaluación mediante grupos experimentales y de control [15], [16] y la realización de encuestas a profesores o instructores.

Desde ISDOA se propone un mecanismo apoyado en TIC y orientado al usuario final [17], que consiste en incluir una encuesta en el mismo objeto para que los usuarios, a través de respuestas a preguntas simples, valoren aspectos como diseño, usabilidad, pedagogía y didáctica, entre otros. Posteriormente, se selecciona el repositorio para almacenar el objeto.

4.4 Evaluación de Vida Útil

En la Tabla 1 se describen los indicadores que permitirán tomar una decisión respecto a la vida útil del OVA.

4.5 Plan de Pruebas

Para la Verificación y Validación funcional y estructural de la metodología propuesta en este trabajo se propone un plan de pruebas para desarrollar paralelamente junto al ciclo de vida y de forma incremental. Cada una de estas actividades se ejecuta sobre el sub-producto derivado de cada fase del ciclo de vida y, dado que los OVA tienen naturaleza y competencias y objetivos formativos diferentes, el probador puede decidir entre utilizar la Verificación y Validación completa o parcial, las pruebas de unidad o las integrales, las funcionales o las estructurales. Esta decisión también depende del perfil del público objetivo. En concreto, se realizarán las actividades que se muestran en la Figura 3.



Figura 3. Actividades del Plan de Pruebas

Motivos para actualizar el OVA	Motivos para retirar el OVA
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Surgen nuevas teorías que sustentan el área de formación. ▪ Cambian las dificultades formativas del público objetivo. ▪ Aparecen nuevas exigencias en software o en hardware. ▪ Es necesario actualizar la arquitectura de software. ▪ Cambian las competencias formativas. ▪ Cambia el público objetivo ▪ Se produce nuevo conocimiento en la temática que cubre ▪ Surgen nuevas normas o reglamentaciones. ▪ Surgen nuevas temáticas en el área que cubre. ▪ Lo proponen los expertos o los especialistas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El área de formación ya no es importante. ▪ El público objetivo ya no tiene la dificultad formativa. ▪ El software y el hardware necesario ya son obsoletos. ▪ La arquitectura de software se vuelve obsoleta. ▪ Surgen nuevas competencias formativas. ▪ No se alcanzan las competencias formativas. ▪ La actualización del conocimiento en la temática es alta. ▪ Es más eficiente un nuevo producto comercial ▪ El área de formación se fusiona con otras más recientes ▪ Lo proponen los expertos o los especialistas

Tabla 1 Indicadores para la Evaluación de la Vida Útil de un OVA

4.6 Evaluación de la calidad

En ISDOA se propone la evaluación de la calidad como una fase paralela al ciclo de vida del OVA. Para que esto sea posible, se aplican y desarrollan las especificaciones y los estándares, de tal forma que permitan la interoperabilidad de los objetos en diversas plataformas. La propuesta neutral de evaluación de calidad que propone ISDOA se muestra en la Figura 4.

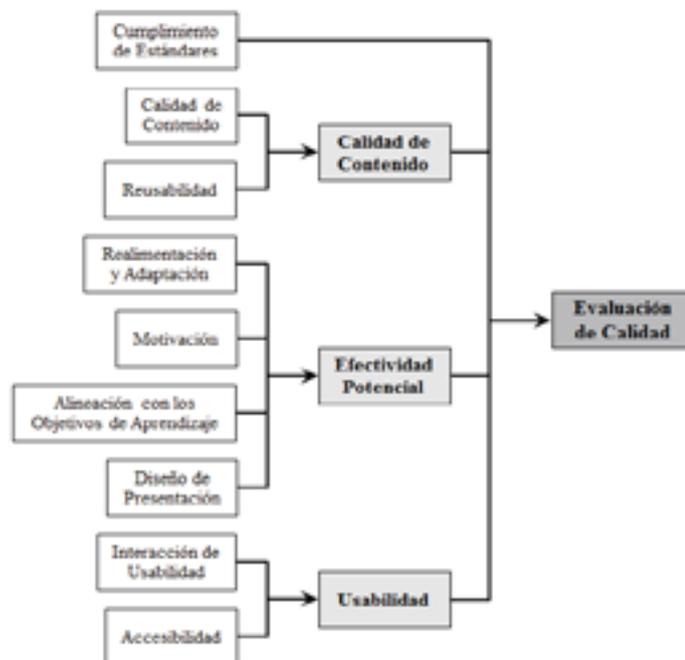


Figura 4 Evaluación de la calidad para OVA

5. Experimentación

Se aplicó la metodología ISDOA en la creación del OVA “Ensamblaje de un computador de escritorio”. A continuación, se detalla el proceso de desarrollo.

5.1 Análisis e Ingeniería de Requisitos

Se definió el grupo de trabajo para el desarrollo del OVA, el mismo que fue integrado por: la Ing. Pilar Urrutia, guía docente; el Ing. Alex Paucar y el Ing. Alex Sevilla, parte tecnológica. El grupo de trabajo optó por desarrollar un OVA que facilite la enseñanza de la asignatura “Arquitectura de Computadores”; asignatura que se imparte al tercer nivel de la carrera de Sistemas, de la Universidad Técnica de Ambato.

Uno de los temas que se trata en dicha asignatura es “Ensamblaje de computadoras”, y la metodología de enseñanza consiste en impartir el conocimiento teórico como primer paso para posteriormente con esos conocimientos proceder a ensamblar el computador en un ambiente real.

En ese intercambio entre la parte teórica y el ensamblaje en un escenario real se logró determinar que el estudiante no se encontraba lo suficientemente preparado para dicho cambio, por lo que se determinó la necesidad de desarrollar un OVA que permita aliviar ese intercambio a través de la simulación de un ambiente real.

Como resultado de esta fase se obtuvo el documento de especificación de requerimientos del OVA, a continuación se lo detalla:

En la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, carrera de Sistemas, en el tercer semestre, se está teniendo dificultades con los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura “Arquitectura de computadores”, concretamente sobre el tema “Ensamblaje de un computador” y se vio la necesidad de desarrollar un OVA que cumpla con los siguientes requerimientos:

El OVA deberá:

- Contar con piezas en 3 dimensiones de todos los componentes hardware de un computador de escritorio, como: componentes internos del CPU (placa base, procesador, módulos RAM, fuente de poder, tarjeta de red, tarjeta de video, disco duro y lector DVD), monitor, mouse y teclado.
- Simular un ensamblaje de cada uno de los componentes creados.
- Presentar una breve descripción del componente al dar clic en el mismo.
- Mostrar instrucciones paso a paso de cómo se está realizando el ensamblaje de la PC.
- Contener formularios de evaluación con preguntas sobre el tema. Dichas preguntas serán: verdadero o falso, cerradas, si o no, y selección múltiple.
- Ser un aplicativo web, es decir, se podrá abrirlo (ejecutarlo) en un explorador web.

La información referente a la descripción de cada componente y el cuestionario de evaluación será proporcionada por la docente integrante del grupo de trabajo.

5.2 Diseño

Se modeló la solución, es decir, se diseñó la funcionalidad del OVA con la ayuda de un lenguaje de modelado de software denominado UML (Unified Modeling Language). UML es un lenguaje de modelado de aplicaciones software que ayuda a especificar, visualizar y documentar esquemas de sistemas de software, incluyendo su estructura y diseño, de manera que cumpla con todos los requisitos [18].

Con la finalidad de obtener la arquitectura del software, UML ofrece algunos diagramas, para este fin se utilizó el diagrama de casos de uso y de actividades.

En la figura 5 se puede observar el diagrama de caso de uso de uno de los procesos que se lleva a cabo en el OVA, el proceso de evaluación al estudiante.

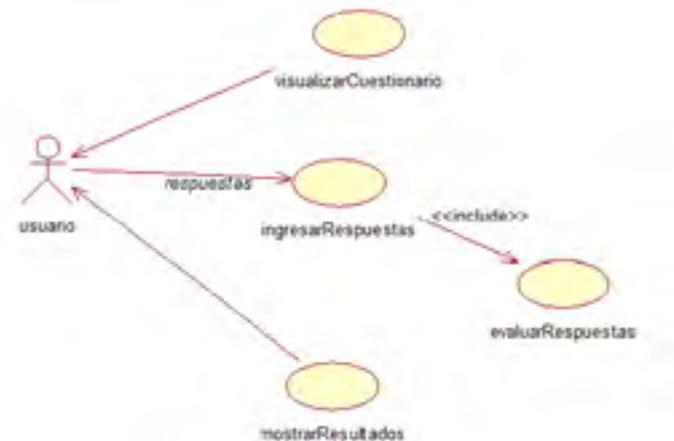


Figura 5. Diagrama UML de casos de uso

En la figura 6, se describe las actividades del caso de uso “ingresar respuestas” con el diagrama de actividades de UML.

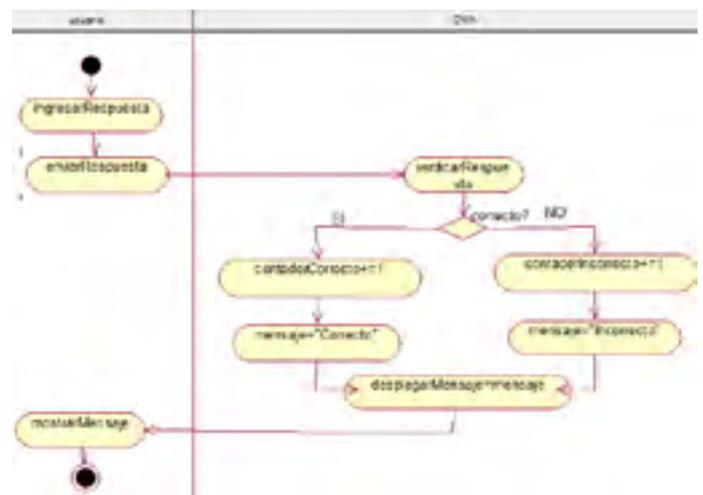


Figura 6. Diagrama UML de actividades

5.3 Desarrollo e implementación

En esta fase se definió las herramientas para implementar el OVA. Uno de los requerimientos del OVA es contar con animación 3D y para eso se seleccionó el software SolidWorks, el mismo que permite crear componentes, simular ensamblajes y crear animaciones, todo en 3 dimensiones. En la figura 7, se muestra un componente creado con SolidWorks.

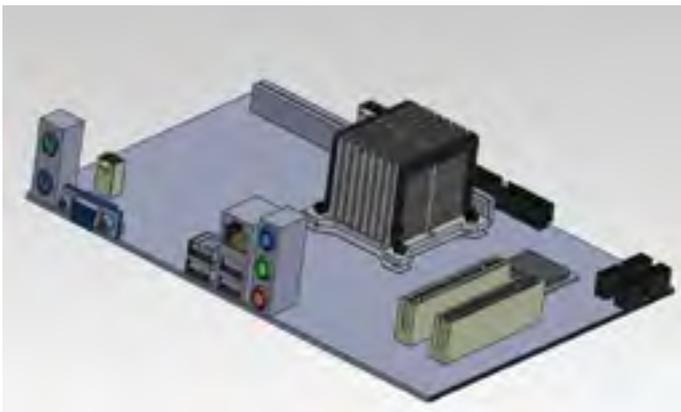


Figura 7. Componente creado con SolidWorks

Otro de los requerimientos establecidos para el OVA es que sea un aplicativo web, y para cumplirlo se optó por integrar las piezas, ensamblajes y animaciones creadas en SolidWorks con HTML5.

La metodología ISDOA propone que se aplique un plan de pruebas en cada una de las fases de desarrollo del OVA. Actualmente el OVA se encuentra en el plan de pruebas de la fase de desarrollo e implementación para su posterior aceptación. Podemos concluir que aplicando la metodología ISDOA se llegó a una solución más óptima en el desarrollo del OVA creado.

6. Conclusiones

La aplicación de la ingeniería de software en el desarrollo de los OVA involucra un gran esfuerzo, pero su aporte permite lograr en gran manera la creación de objetos que cumplen con las necesidades y expectativas por el cual fueron desarrollados.

La metodología ISDOA se destaca de las otras propuestas, por sus dos pilares fundamentales, el plan de pruebas y evaluación de la calidad. Dichos pilares permiten obtener mejores resultados mediante una evaluación constante del producto en todo su ciclo de vida.

ISDOA permite un trabajo conjunto en el desarrollo de los OVA, la parte tecnológica y educacional están fuertemente ligadas en todo el proceso.

Referencias

- [1]. E. Moral and D. A. Cernea, "Diseñando Objetos de Aprendizaje como facilitadores de la construcción del conocimiento," Proceedings of II Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Descripción de Contenidos Educativos Reutilizables, SPDECE 2005, 19-21 Oct 2005, Barcelona, España. Available: UOC, <http://www.uoc.edu/symposia/spdece05/pdf/ID16.pdf>. [Accessed: 17 Jul. 2013].
- [2]. J. J. L'Allier, "NETg's Map to Its Products, Their Structures and Core Beliefs," NETg Whitepaper, 1997. [Online]. Available: <http://web.archive.org/web/20020615192443/www.netg.com/research/whitepapers/frameref.asp> [Accessed: 17 Jul. 2013].
- [3]. L. E. Vázquez, "LCMS Y OBJETOS DE APRENDIZAJE," Revista Digital Universitaria, vol.5, pp. 2-9, Nov 2004.
- [4]. E. Parra, "Methodology Proposal of Software Development for Virtual Learning Objects - MESOVA -," Revista Virtual Universidad Católica del Norte, vol.1, pp.113-137, Sep/Dec 2011.
- [5]. S. E. Metros, "Learning Objects: A Rose by Any Other Name...," EDUCAUSE Review, vol. 40, pp. 12-13, Jul/Aug 2005.
- [6]. G. Nikolopoulos, G. Solomou, C. Pierrakeas and A.

- Kameas, "Modeling the characteristics of a learning object for use within e-learning applications," Proceedings of the Fifth Balkan Conference in Informatics, BCI 2012, 16-20 Sept 2012, Novi Sad, Serbia. Available: ACM, <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2371338>. [Accessed: 17 Jul. 2013].
- [7]. A. Gallenson, J. Heins and T. Heins, "Macromedia MX: Creating Learning Objects," Macromedia White Paper, 2002. [Online] Available: http://download.macromedia.com/pub/elearning/objects/mx_creating_lo.pdf. [Accessed: 20 Jul. 2013].
- [8]. J. Greenberg, "Metadata and the World Wide Web," in Encyclopedia of Library and Information Science, 2002, pp. 1876-1888. [E-book]. Available <http://www.ils.unc.edu/mrc/pdf/greenberg03metadata.pdf>. [Accessed: 21 Jul. 2013].
- [9]. National Information Standards Organization, "Understanding metadata," 2004. [Online]. Available: <http://www.niso.org/publications/press/UnderstandingMetadata.pdf>. [Accessed: 21 Jul. 2013].
- [10]. J. Sierra, "Estudio de la influencia de un entorno de simulación por ordenador en el aprendizaje por investigación de la Física en Bachillerato," Premios Nacionales de Investigación Educativa 2004, pp. 334-371, 2004.
- [11]. R.H. Thayer, "Software System Engineering: A Tutorial," Software Engineering Volume 1: The Development Process, 2nd ed., R.H. Thayer and M. Dorfman, eds., IEEE CS Press, Los Alamitos, Calif., 2002, pp. 97-116.
- [12]. E. Serna, C. Castro and T. Botero, "SEDLO: software engineering for developing learning objects," Proceedings of the 6th Euro American Conference on Telematics and Information Systems, EATIS 2012, 23-25 May 2012, Valencia, Spain. Available: ACM, <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2261605.2261658&coll=DL&dl=ACM&CFID=235692483&CFTOKEN=65203704>, doi. 10.1145/2261605.2261658
- [13]. E. M. Serna, "Análisis y comparación de las propuestas recientes para diseñar casos de prueba desde los casos de uso orientados a verificar los aspectos funcionales del software," M.S. thesis, Universidad Nacional de Colombia, Medellín Colombia, 2012.
- [14]. M. E. Serna, Management requirements engineering using a semi-formal model. In press, 2011.
- [15]. S. O. Jardey, "Diseño, desarrollo e implementación de objetos pedagógicos virtuales de aprendizaje en el marco de proyectos pedagógicos de aula," Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias, pp. 24 - 28, 2006.
- [16]. G. J. Astudillo and, P. A. Willging, "Uso de Repositorios de Objetos de Aprendizaje de Libre Acceso," Virtual educa, 2009.
- [17]. J. J. Domínguez, "Diseño e implementación de un objeto virtual de aprendizaje para la introducción a la programación de computadores," Proceedings of IV Congreso Online del Observatorio para la Cibersociedad, 12-29 Nov 2009, España.
- [18]. J. Rumbaugh, I. Jacobson and G. Booch, "El lenguaje Unificado de Modelado," Pearson, 2000.