

Una propuesta de Análisis e Ingeniería de Requisitos para el desarrollo de Objetos de Aprendizaje

Ricardo de J. Botero T.

Tecnológico de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, rbotero@tdea.edu.co

Edgar Serna M.

Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Antioquia, Colombia, eserna@itm.edu.co

Carlos A. Castro C.

Universidad de San Buenaventura, Medellín, Antioquia, Colombia, carlos.castro@usbmed.edu.co

ABSTRACT

On the basis of the lifecycle in the SEDLO model –Software Engineering for Developing Learning Objects– and a general context of Requirements Engineering, a proposal of analysis and requirements engineering is presented to develop Learning Objects, comprising two phases: a) Analysis and Understanding the Problem b) Requirements Engineering, to which is applied continuously Plan Testing and Quality Assessment, carried out by Validation and Verification techniques.

The Analysis and Understanding of the Problem includes the definition of the topic of knowledge area for Learning Object, the identification of teaching pairs and generational patterns of learning styles and other aspects as the definition of the target public and the selection of content. Requirements Engineering covers the elicitation of functional and non-functional requirements, the projection of the lifetime of the object and the semi-formal especificion of requirements to ensure that the process of Verification and Validation are met fully.

Keywords: Requirements Engineering, Learning Objects, Software Engineering.

RESUMEN

Partiendo del ciclo de vida planteado en el modelo ISDOA –Ingeniería de Software para Desarrollar Objetos de Aprendizaje– y de un contexto general de la Ingeniería de Requisitos, se presenta una propuesta de Análisis e Ingeniería de Requisitos para desarrollar Objetos de Aprendizaje, que comprende dos fases: a) Análisis y Comprensión del Problema y b) Ingeniería de Requisitos, a las cuales se les aplica de manera continua un Plan de Pruebas y una Evaluación de Calidad, llevadas a cabo mediante técnicas de Validación y Verificación.

El Análisis y Comprensión del Problema incluye la definición del tópic de área de conocimiento para el Objeto de Aprendizaje, la identificación de pares docentes y patrones generacionales de estilos de aprendizaje y otros aspectos como la definición del público objetivo y la selección de contenidos. La Ingeniería de Requisitos abarca la educación de requisitos funcionales y no funcionales, la proyección de la vida útil del objeto y la especificación semi-formal de los requisitos para garantizar que los procesos de Verificación y Validación se cumplan a cabalidad.

Palabras claves: Ingeniería de Requisitos, Objetos de Aprendizaje, Ingeniería de Software.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las propiedades que la Ingeniería de Software comparte con otros tipos de ingenierías es la necesidad de una descripción exhaustiva de lo que debe producirse, proceso denominado “Ingeniería de requerimientos” (Braude, 2003), donde el ingeniero de software analiza las necesidades del cliente para revertidas en un proceso que se ha denominado “Ingeniería de Requisitos”: los requerimientos del cliente, que obedecen a las necesidades de los usuarios, se convierten en requisitos para el ingeniero.

En términos generales, el software incluye rutinas del sistema como los compiladores e intérpretes, los editores, los sistemas operativos y los programas de utilidad, además de los programas de aplicación empotrados y diseñados a la medida (Pressman, 2005); su desarrollo a tiempo y con calidad requiere de la Ingeniería de Requisitos, fase inicial del ciclo de vida del software implícita en el análisis, que incluye otras fases posteriores como el diseño, la implementación, las pruebas, la integración y el mantenimiento.

Otra descripción de las fases del ciclo de vida de la Ingeniería de Software conlleva la planificación (análisis y diseño), los procesos (métodos, algoritmos, programación), los productos (entregables de software por versiones) y lo más importante, las personas (usuarios, clientes, programadores, analistas e ingenieros), quienes aportan a la planificación, ejecutan los procesos y entregan o utilizan productos (Sommerville, 2005).

El proceso de Análisis e Ingeniería de Requisitos a describir en éste artículo se planteó en el proyecto “Diseño e implementación de Objetos de Aprendizaje con software libre, aplicando el Aprendizaje Basado en Problemas, para la formación específica en Sistemas de Información Geográfica”, donde participaron el Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, la Universidad de San Buenaventura sede Medellín y la Fundación Universitaria Luis Amigó, instituciones de educación superior con sedes en la ciudad de Medellín, Colombia. En dicho proyecto se planteó el modelo ISDOA –Ingeniería de Software para Desarrollar Objetos de Aprendizaje–, SEDLO por sus siglas en inglés (Serna et al, 2012), que incluye como primera fase el análisis e Ingeniería de requisitos, visualizado en la Figura 1.

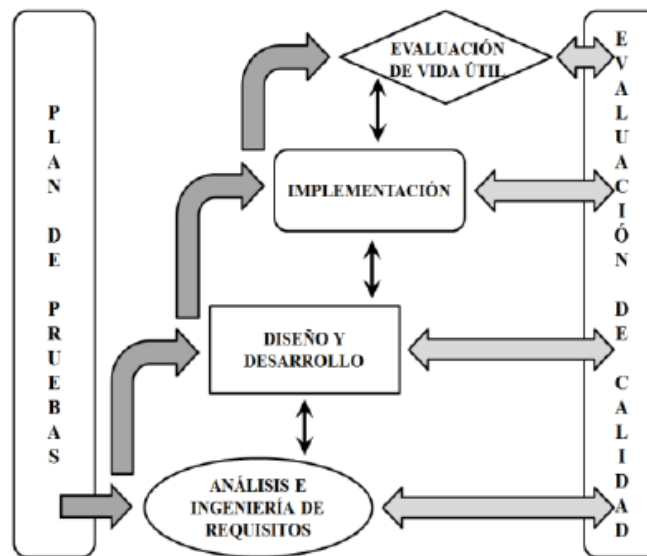


Figura 1: Ciclo de vida ISDOA

2. CONTEXTO GLOBAL DE LA INGENIERÍA DE REQUISITOS

La Ingeniería de Requisitos incluye la obtención, elucidación, educación o levantamiento de requisitos; la adopción de uno de estos términos depende de la terminología definida por el grupo de desarrollo, aunque se pueden utilizar los cuatro de manera indistinta¹. La educación de requisitos consiste en hallar e identificar los requisitos que debe satisfacer un determinado sistema de información; se trata de una actividad propia de la ingeniería de requisitos, anterior al análisis de los mismos.

Un requisito es una condición o capacidad que una aplicación debe hacer o tener para resolver un problema o alcanzar un objetivo (Robertson and Robertson, 1999). Según Nuseibeh (Nuseibeh and Easterbrook, 2000) la Ingeniería de Requisitos es el área de conocimiento de la Ingeniería de Software relativa a la obtención de objetivos, funciones y restricciones de los sistemas de software en el mundo real; además se encarga de la relación entre estos factores para precisar las especificaciones del comportamiento del software, su evolución a lo largo del tiempo y su relación con otras ramas del sistema.

El ciclo de vida de la Ingeniería de Requisitos, presentado en la Figura 2 (Carreón, 2008), envuelve todas las actividades del ciclo de vida dedicadas a la educación de los requisitos de usuario, a su análisis y documentación como especificación, a la negociación para derivar requisitos adicionales y a la validación y gestión de los requisitos documentados contra las necesidades de usuario (Sommerville, 2005).

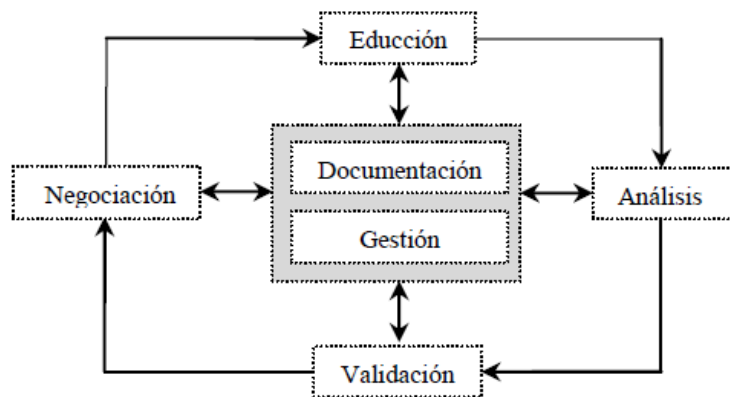


Figura 2: Ciclo de vida de la Ingeniería de Requisitos

La Educación de Requisitos conlleva la identificación de las fuentes de información relacionadas con el sistema y se puede realizar a través de entrevistas y cuestionarios a clientes y usuarios, para conocer sus pretensiones. Otras técnicas utilizadas en la educación son el análisis de sistemas existentes, las grabaciones de vídeo y audio, los talleres de trabajo basados en los casos de uso, las tormentas de ideas, los diagramas conceptuales de clases, los diagramas de pescado, la observación directa e investigación contextual, la organización de conceptos, los mapas de roles con perfilado de usuarios (Escalona and Koch, 2002) y las meta ontologías (Zapata et al, 2010) (Romero and Godoy, 2010).

El Análisis de Requisitos permite detectar y corregir las falencias comunicativas, transformando los requisitos obtenidos de entrevistas en requisitos apropiados para ser tratados en la fase de diseño.

La Validación de Requisitos permitirá demostrar que la definición de los requisitos coincide realmente con el sistema que el usuario necesita o el cliente desea (Lowe and Hall, 1999).

La Negociación consiste en la estimación de las necesidades que pudieran entrar en conflicto, para una conciliación de los puntos de vista de los diferentes interesados y la consecuente generación de un conjunto coherente de necesidades.

¹ Algunos autores utilizan el término “elicitación” como sinónimo de obtener o levantar requisitos. Consideramos que éste término es una traducción incorrecta del verbo inglés “elicit”, por tanto no se usará en éste artículo y se preferirá entre los mencionados el verbo “educir”.

La Documentación de requisitos es crucial para las etapas posteriores de diseño e implementación; conlleva un documento con la redacción de los requisitos de forma que las partes interesadas (stakeholders) que utilizarán el sistema o la información que proporciona, puedan entender.

La Gestión conlleva el control de los cambios en los requisitos, ya que inevitablemente estos cambios se producirán por fluctuación de las necesidades de los clientes con el tiempo y por la reestructuración continua de las organizaciones para una sana competencia al equilibrio del mercado.

3. LA INGENIERÍA DE REQUISITOS DESDE LA PROPUESTA ISDOA

En el contexto histórico que evoca los inicios de la segunda guerra mundial, el software se concibió como estrategia militar de seguridad; posteriormente se utilizó para compensar necesidades del sector productivo en empresas comercializadoras de bienes y servicios. Hoy, la industria del software viene atendiendo necesidades de otros sectores, como los del entretenimiento y la educación. En éste último sector, el aporte realizado por los Objetos de Aprendizaje - OA, combinados de manera estratégica con los sistemas de aprendizaje electrónico, han generado nuevos ambientes de enseñanza y aprendizaje propulsados por las Tecnologías de la Información y la Comunicación - TIC.

Independiente del modelo que se tenga en cuenta, desde el clásico modelo en cascada hasta otros como el iterativo, incremental o de refinamiento sucesivo, prototipado evolutivo y orientado al objeto (Cataldi, 2000), el ciclo de vida de software conlleva las etapas de análisis, diseño, implementación, pruebas, integración, pruebas del sistema y mantenimiento. Dichas fases son aplicables a software de escritorio o para entornos web, aplicado a diferentes sectores como la industria, el entretenimiento y la educación. En éste último caso y en particular el relacionado con OA, surgen otros factores en la ingeniería de software relacionados con la cognición, el aprendizaje y la comprensión. En el modelo ISDOA, estos factores están implícitos en un elemento denominado Evaluación de Calidad, consolidado con un Plan de Pruebas, ambos constantes a lo largo de todo el ciclo de vida de un OA, como se ilustró en la Figura 1.

Para un mejor análisis del ciclo de vida ISDOA, conviene realizar una analogía en términos de las estructuras de datos internas. En teoría de grafos, la Figura 1 confluye a una gráfica plana conexa expuesta en la Figura 3, donde todos los nodos, descritos en la Tabla 1, son fuentes y sumideros, es decir tienen flechas que entran y salen; además, los nodos 5 y 6, correspondientes al Plan de Pruebas y a la Evaluación de Calidad respectivamente, son los de más alto grado, para una ingeniería de software marcada por las pruebas y la calidad dentro de un proceso iterativo e incremental en el tiempo.

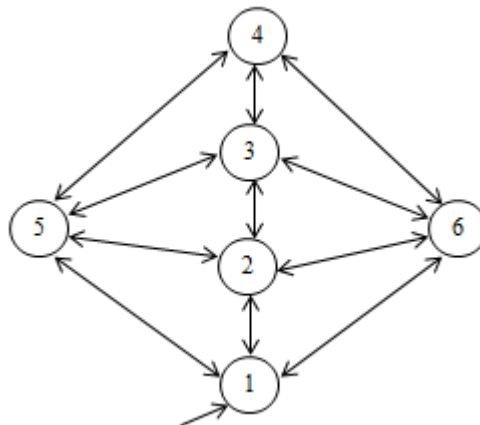


Figura 3: Grafo plano y conexo asociado a ISDOA

El nodo 1 tiene una flecha sin origen para dar a entender que la fase de Análisis e Ingeniería de Requisitos es la primera que se ejecuta en el ciclo de vida ISDOA.

Tabla 1. Descripción de nodos del grafo dirigido de la Figura 3

Nodo N°	Actividad en ISDOA
1	Análisis e Ingeniería de Requisitos
2	Diseño y desarrollo
3	Implementación
4	Evaluación de vida útil
5	Plan de Pruebas
6	Evaluación de Calidad

La propuesta ISDOA conlleva esencialmente dos actividades en la fase de Análisis e Ingeniería de Requisitos: a) Análisis y Comprensión del Problema y b) Ingeniería de Requisitos, como se ilustra en la Figura 4.

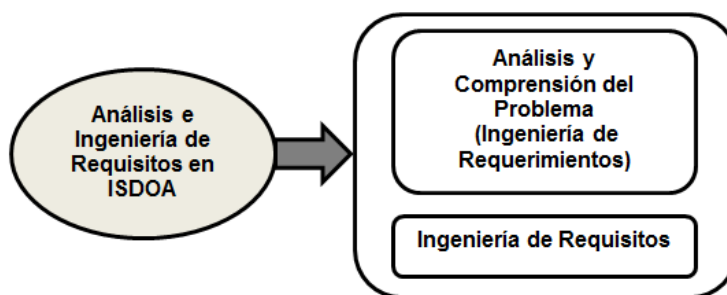


Figura 4. Fases de la Ingeniería de Requisitos en ISDOA

3.1 ANÁLISIS Y COMPRENSIÓN DEL PROBLEMA

Esta actividad conlleva la comprensión del problema para el cual se diseña el OA, mediante el seguimiento ocho pasos: 1) Definir tópico de área de conocimiento para el OA, 2) Identificar pares docentes, con experiencia y formación en el contexto del problema, en pedagogía y en didáctica, para entablar diálogos acerca de los contenidos, la autoevaluación y las dificultades formativas y para determinar los estilos de aprendizaje y estructurar la didáctica del objeto, 3) Definir el público objetivo, las áreas temáticas y sus dificultades formativas, para estructurar el objeto de acuerdo con sus intencionalidades e intereses formativos, 4) Identificar los patrones generacionales de estilos de aprendizaje, con base en modelos como el de Kolb (Kolb, 1983), el de los Cuadrantes Cerebrales de Herrmann (Herrmann, 1996), el de las Inteligencias Múltiples de Gardner (Gardner, 1983) o la Teoría del Aprendizaje de Gagné (Gagné, 1985), 5) Diseñar la estructura didáctica del OA, con base en los contenidos y los estilos de aprendizaje, teniendo en cuenta lo propuesto por el Aprendizaje Basado en Problemas - ABP (Duch et al, 2001), 6) Definir los elementos a utilizar desde la pedagogía, para incorporarlos en el proceso estructural del objeto, 7) Estructurar las competencias formativas y los objetivos formacionales, de acuerdo con el público objetivo y las dificultades formativas identificadas y 8) seleccionar los contenidos, de acuerdo con los especialistas, las competencias definidas, los objetivos de aprendizaje y las dificultades formativas identificadas.

La ejecución de éstas actividades permitirá la especificación de los requisitos funcionales y no funcionales para dar continuidad a la siguiente fase de Ingeniería de Requisitos.

3.2 INGENIERÍA DE REQUISITOS

En términos generales, la Ingeniería de Requisitos envuelve todas las actividades del ciclo de vida dedicadas a la educación, el análisis, la documentación, la gestión, la negociación para derivar requisitos adicionales y la validación de los requisitos especificados. La propuesta ISDOA estructura esta actividad de la siguiente forma: 1) Educar requisitos funcionales, mediante la especificación de casos de uso dinámicos para posteriormente documentarlos en una amplia plantilla (Serna, 2011), con lo que se identificarán los cambios de estado y las

acciones de los diferentes actores involucrados, 2) Especificar la proyección de vida útil del objeto, mediante indicadores específicos, teniendo en cuenta la animación mediante herramientas determinadas para el logro de los objetivos de aprendizaje, 3) Educar requisitos no funcionales, como la forma en que el objeto debe desplegar su contenido en entornos Web y en plataformas E-learning clásicas y 4) Especificar los requisitos de forma semi-formal, para garantizar que los procesos de Verificación y Validación se logren satisfactoriamente (Serna, 2011).

El Análisis y Comprensión del Problema y la Ingeniería de Requisitos crean el entorno base que permitirá ejecutar las demás fases de ISDOA

3.3 ACTIVIDADES DE LA INGENIERÍA DE REQUISITOS IMPLÍCITAS EN ISDOA

El Análisis y Comprensión del Problema y la Ingeniería de Requisitos, crean el entorno base de la comprensión del problema y de la especificación de los requisitos, que se utilizará en las demás fases de ISDOA. La clave es diseñar casos de uso dinámicos y especificar los requisitos lo más formal que se pueda, debido a que de ello depende la efectividad del resto del ciclo de vida del objeto.

La educación de requisitos forma parte del análisis del sistema y conlleva a especificar sus funciones y propiedades esenciales (Pressman, 2005). Para éste cometido, se debe consultar a los clientes del sistema y a los usuarios finales, que en el caso del desarrollo de OA son los docentes y en menor grado el público objetivo en formación, dado que los primeros son esenciales en la especificación de requerimientos por su experiencia en pedagogía y didáctica, además porque plantean contenidos y evaluaciones, identifican dificultades formativas y elaboran los modelos de problemas a solucionar en el área específica relacionada con el OA.

Los diálogos con los pares docentes acerca de los contenidos, la autoevaluación y las dificultades formativas se pueden encaminar con entrevistas y encuestas para darles mayor formalidad, dando la posibilidad de recabar resultados estadísticos.

Para el público objetivo hay que tener en cuenta aspectos relacionados al nivel educativo, estrato socio-económico, edad y estilos de aprendizaje (Borrero et al, 2010).

Según los estilos de aprendizaje identificados, el profesor planteará las estrategias de aprendizaje adecuadas, buscando un equilibrio entre las estrategias socioafectivas, cognitivas y metacognitivas (Beltrán, 1997).

La validación de requisitos la realiza el equipo de trabajo y el cliente, con la asesoría de especialistas en didáctica y pedagogía y con la participación de expertos en el área que cubre el OA; en ésta etapa se comprueba que los requisitos obtenidos correspondan a lo que realmente necesitan los interesados, mediante el diseño de un prototipo no funcional, que representa una propuesta de solución a la especificación verificada a la cual se le aplican pruebas de aceptación para determinar si el prototipo satisface los criterios de aceptación y para que el cliente determine si acepta o no la propuesta de solución.

Tanto al Análisis y Comprensión del Problema como a la Ingeniería de Requisitos se les aplica de manera continua un Plan de Pruebas y una Evaluación de Calidad, llevadas a cabo mediante técnicas de Validación y Verificación (V&V) (Serna et al, 2013). La Verificación de requisitos consiste en estructurar una matriz de indicadores para verificar la comprensión y formulación de las necesidades del cliente. La Validación de Requisitos se realiza mediante Pruebas de Aceptación aplicadas para determinar si un prototipo no funcional, que representa una propuesta de solución a la especificación verificada, satisface los criterios de aceptación para que el cliente determine si acepta o no el prototipo propuesto.

Para el desarrollo de un OA, la Ingeniería de Requisitos implícita en ISDOA conlleva las actividades expuestas en la Tabla 2 (Serna, 2011), relacionadas con la cognición, los modelos pedagógicos, las técnicas didácticas y el desarrollo de competencias.

Tabla 2. Actividades de la Ingeniería de Requisitos implícitas en ISDOA

N°	Actividad
1	Definir tópico de área de conocimiento.
2	Conformar equipos de trabajo (investigadores, desarrolladores de software, etc.).
3	Seleccionar expertos en el tema del OA (pares docentes).
4	Diseñar entrevistas para expertos.
5	Diseñar encuestas para expertos.
6	Aplicar entrevistas.
7	Aplicar encuestas.
8	Elaborar documento con resultados de entrevistas y encuestas.
9	Definir modelo pedagógico y técnicas didácticas.
10	Definir situaciones problema.
11	Definir público objetivo.
12	Definir contenidos a tratar.
13	Determinar competencias.
14	Identificar estilos de aprendizaje y dificultades formativas.
15	Establecer necesidades de hardware y software.
16	Proyectar vida útil.
17	Educir requisitos no funcionales.
18	Educir requisitos funcionales.
19	Realizar negociación de requisitos.
20	Aplicar plan de pruebas.
21	Realizar evaluación de calidad.

El flujo de actividades para la Ingeniería de Requisitos en ISDOA, acorde a la numeración de la Tabla 2, se presenta en el diagrama de actividades de la Figura 5.

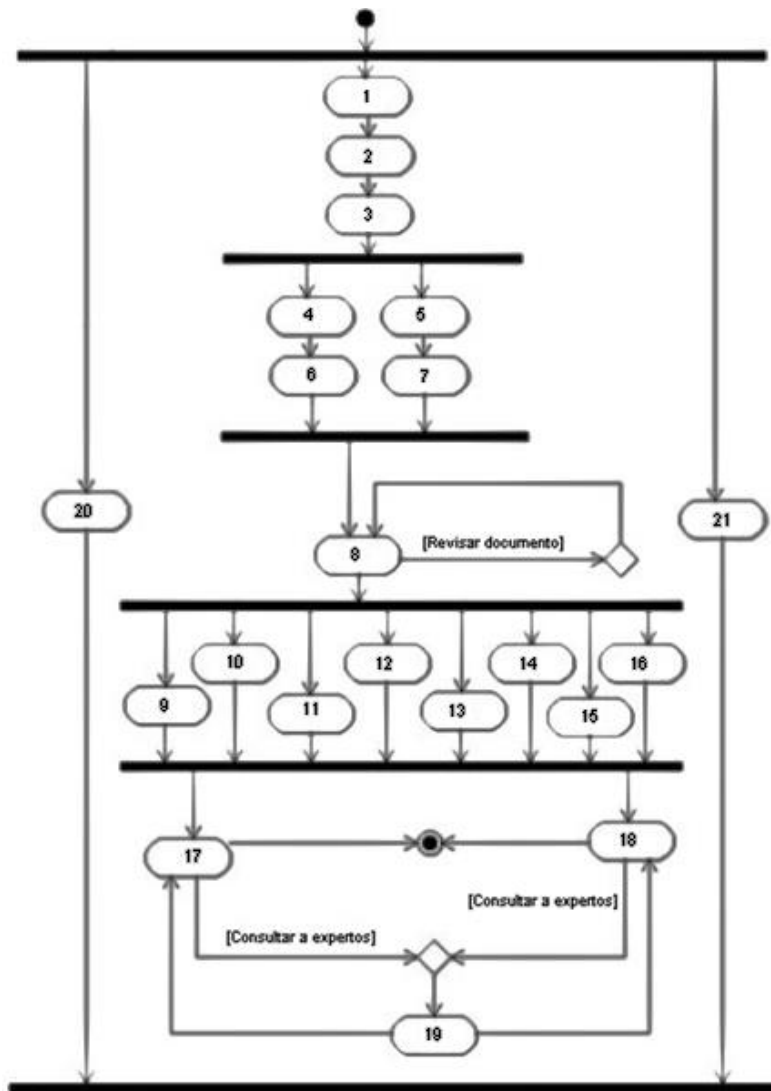


Figura 5. Diagrama de actividades para la Ingeniería de Requisitos en ISDOA.

Es de observar que las actividades 20 y 21 son constantes y aplicables a lo largo del ciclo de vida del OA, donde el Plan de Pruebas es incremental y la Evaluación de Calidad es paralela a las demás actividades de la Ingeniería de Requisitos en ISDOA.

4. CONCLUSIONES

El primer aspecto estratégico que se debe tener en cuenta en el proceso de ingeniería de requisitos para OA, es la conformación de equipos de trabajo que incluyan investigadores, expertos en el tema del OA e ingenieros de software, quienes atenderán las necesidades de los clientes y usuarios.

El Análisis y comprensión del problema y la Ingeniería de Requisitos son las dos actividades primordiales en ISDOA, que envuelven a otras sometidas en paralelo a un plan de evaluación de calidad y de manera incremental a un plan de pruebas.

La Ingeniería de Requisitos para el desarrollo de OA requiere de estándares que garanticen la calidad para su elaboración, acceso y reutilización, como la planteada en ISDOA.

Se hace necesaria la validación de ISDOA mediante el desarrollo de OA donde se aplique ésta ingeniería, proceso que se viene realizando en las instituciones de educación superior gestoras del proyecto.

REFERENCIAS

- Beltrán L., J. (1997). *Psicología de la educación*. México: Editorial Alfa y Omega.
- Borrero C., M. C. et al. (2010). “Una metodología para el diseño de objetos de aprendizaje. La experiencia de la Dirección de Nuevas Tecnologías y Educación Virtual, DINTEV, de la Universidad del Valle”. http://objetos.univalle.edu.co/files/articulo_AMED.pdf (consultado el 23 de octubre de 2012).
- Braude, E.J. (2003). *Ingeniería de Software: una perspectiva orientada a objetos*. Alfaomega Grupo Editor. México.
- Carreón S. del R., M. C. (2008). “Construcción de un catálogo de patrones de requisitos funcionales para ERP”. Tesis de Máster. Universitat Politècnica de Catalunya, Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics.
- Cataldi, Z. (2000). “Metodología de diseño, desarrollo y evaluación de software educativo”. Tesis de Magíster en Informática. Universidad Nacional de La Plata.
- Duch, B. J., Groh, S. E. & Allen, D. E. (Eds). (2001). “The Power of Problem-Based Learning”. FALMER/KP.
- Escalona, M. J., Koch, N. 2002. *Ingeniería de Requisitos en Aplicaciones para la Web – Un estudio comparativo*. Universidad de Sevilla.
- Gagné, R. M. (1985). *The conditions of learning and Theory of Instruction*. Holt, Rhinehart & Winston.
- Gardner, H. (1983). *Multiple Intelligences*. Basic Books.
- Herrmann, N. (1996). *The Whole Brain Business Book*. McGraw-Hill.
- Kolb, D. A. (1983). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. Prentice Hall.
- Lowe, D., Hall, W. (1999). *Hypermedia and the Web. An Engineering approach*. John Wiley & Son.
- Nuseibeh, B., Easterbrook, S. (2000). Requirements Engineering: A Roadmap. International Conference on Software Engineering (ICSE2000).
- Pressman, R. (2005). *Ingeniería del Software: un enfoque práctico*. Sexta edición, McGraw-Hill.
- Robertson, S., Robertson, J. (1999). *Mastering the requirement Process*. Addison-Wesley.
- Romero, L., Godoy, R. J. (2010). “Una Ontología para la Definición Semántica de Objetos de Aprendizaje”. Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação. Memórias CISTI 2010, pp 420-426.
- Serna, M. E. (2011). “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”. MsC. Thesis. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Serna, E.; Castro, C. and Botero, R. (2012). “SEDLO: Software Engineering for Developing Learning Objects”. Proceedings of the 6th Euro American Conference on Telematics and Information Systems, EATIS 2012, Valencia, Spain, pp. 347-353.
- Serna, E.; Castro, C. and Botero, R. (2013). “A Proposed Test Plan to Verify and Validate Learning Objects”. Archives Des Sciences, Vol. 66, No. 2. Switzerland, Geneva.
- Sommerville, I. (2005). *Integrated Requirements Engineering: A Tutorial*. IEEE Software.
- Zapata, C. M., Giraldo, G. L., Mesa, J. E. (2010). “Una propuesta de metaontología para la educación de requisitos”. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 18 N° 1, pp. 26-37.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI ni los editores son responsables por el contenido o por las implicaciones de lo que se expresa en el documento.