

Capítulo II. Objetos de Aprendizaje

2.1. Fundamentos y bases del concepto de Objeto de Aprendizaje

2.1.1. Base pedagógica: *e-learning*

E-learning es el área de estudios en la cual se centra este proyecto. Es un campo interdisciplinario que involucra principalmente la participación de profesionales de las áreas de la educación y la computación.

Es importante notar que ya desde el simple hecho de tratar de definir *e-learning* surgen ciertas opiniones encontradas, sobre todo por parte de los educadores. Un debate importante al respecto trata sobre definir *e-learning* como el uso de tecnología para aprender de ella o para aprender con ella [Gunter *et al.*, 2004]. Los defensores del primer enfoque ven a la tecnología como un medio para desarrollar capacidades cognitivas, mientras que los del segundo la utilizan como una herramienta para asistir la expansión o la mejora de estas habilidades que deben primero ser creadas por otros métodos.

Independientemente de este debate, el uso de tecnología en la educación está fuera de discusión: es un hecho que nadie pone en tela de juicio y que cada vez se hace más presente. Típicamente *e-learning* es visto como una manera de aprender libre de instructores [Collis *et al.*, 2002]. Esta característica enfatiza la idea de poder aprender a cualquier hora y en cualquier lugar, y es independiente del debate anterior. Se pueden desarrollar nuevos conocimientos o ampliar los existentes por medio del autoaprendizaje.

Los sistemas computacionales de *e-learning* obedecen a ciertos objetivos o finalidades que constituyen una forma de categorizarlos o agruparlos, como se muestra a continuación [Collis *et al.*, 2002].

Sistemas de gestión de aprendizaje

También llamados *Learning Management Systems* (LMS's), estos sistemas se encargan de administrar la información de los estudiantes o aprendices, llevando un registro del progreso y desempeño de los mismos a través de las distintas actividades de aprendizaje de un curso o programa de estudios.

Sistemas de gestión de contenidos de aprendizaje

También conocidos como *Learning Content Management Systems* (LCMS's), se encargan de administrar el contenido educativo para ajustarlo a las necesidades de un grupo de estudiantes o aprendices. Estos sistemas generalmente contienen herramientas para la creación de contenidos educativos (*Authoring tools*), que permiten formar cursos o programas educativos a partir de componentes más simples, así como publicar dichos programas educativos o cursos en distintos formatos.

Sistemas de gestión de cursos

Son sistemas que integran varias funciones relacionadas a la impartición de un curso, como el desarrollo de actividades de aprendizaje, retroalimentación a estudiantes y evaluaciones. Es cada vez más común que este tipo de sistemas, que también se conocen como *Course Management Systems* (CMS's), sea basado en Web.

Actualmente existen muchos sistemas de estos tres tipos, tanto comerciales como gratuitos y abiertos. No se profundizará más en la descripción de los mismos, debido a que dichos sistemas son más dirigidos hacia la enseñanza que hacia el aprendizaje, que es el tema central de este proyecto.

2.1.2. Base psicológica: el constructivismo

El constructivismo es un movimiento psicológico que ha sido empleado por los educadores para explicar la naturaleza del proceso de aprendizaje humano. De acuerdo con esta corriente, el aprendizaje es un proceso continuo o cíclico de construcción de nuevos conocimientos a partir de la combinación de conocimientos adquiridos previamente y de información obtenida del contexto en el que el aprendiz se encuentra. Bajo este enfoque, el aprendiz tiene un papel principal y activo en la construcción de nuevos conocimientos: no solamente se toma y almacena nueva información, sino que se interpreta, y se elaboran y someten a prueba dichas interpretaciones hasta obtener una estructura mental satisfactoria [Duffy *et al.*, 1992].

La figura 2.1 se elaboró para ilustrar la idea anterior de manera general. Desde este momento se puede apreciar que la noción de reutilización está presente en el proceso de aprendizaje visto como un ciclo constructivo, ya que se usa el conocimiento con el que se cuenta o que se generó previamente, en conjunción con nueva información, como entradas de un proceso – el proceso de aprendizaje – el cual genera como salida nuevo conocimiento que posteriormente se vuelve entrada de una nueva repetición de este ciclo constructivo.

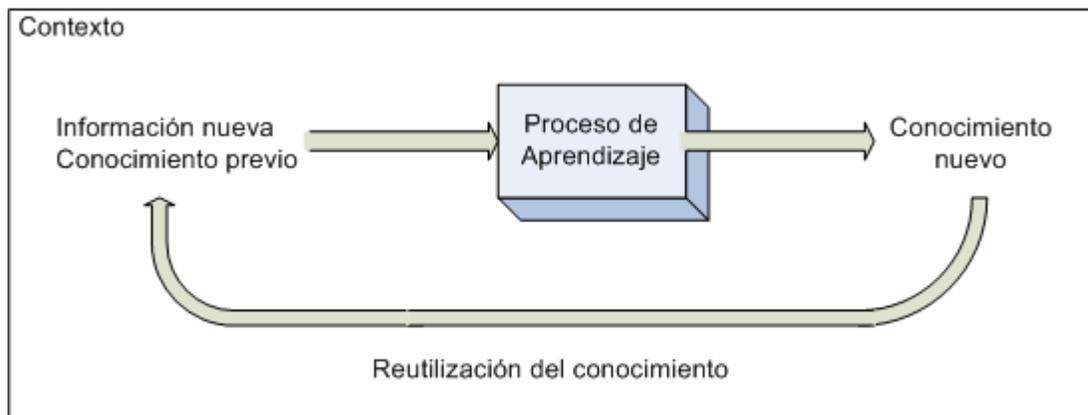


Figura 2.1. Vista general del ciclo de aprendizaje constructivo

Otro aspecto importante que se puede notar con la ayuda de la figura anterior, es la importancia del contexto en el que se encuentre el aprendiz. El proceso de aprendizaje tiene dos entradas: el conocimiento que se va a reutilizar y la información nueva que se va a procesar. Debido a que esta información proviene del contexto en el que se encuentre el aprendiz, el resultado del proceso de aprendizaje se ve afectado directamente por esta información. Si el contexto es pobre, los resultados también lo serán, y si el contexto es enriquecedor, los resultados también serán más satisfactorios y sentarán mejores bases para la construcción de nuevos conocimientos.

De manera similar al caso del contexto, se concluye también que los conocimientos previos juegan un papel importante en el proceso de aprendizaje: si no se cuenta con buenas bases, la generación de nuevos conocimientos se verá afectada de manera similar a si no se contara con un contexto adecuado. La figura 2.2 se desarrolló para mostrar el proceso de aprendizaje constructivo con más detalle.

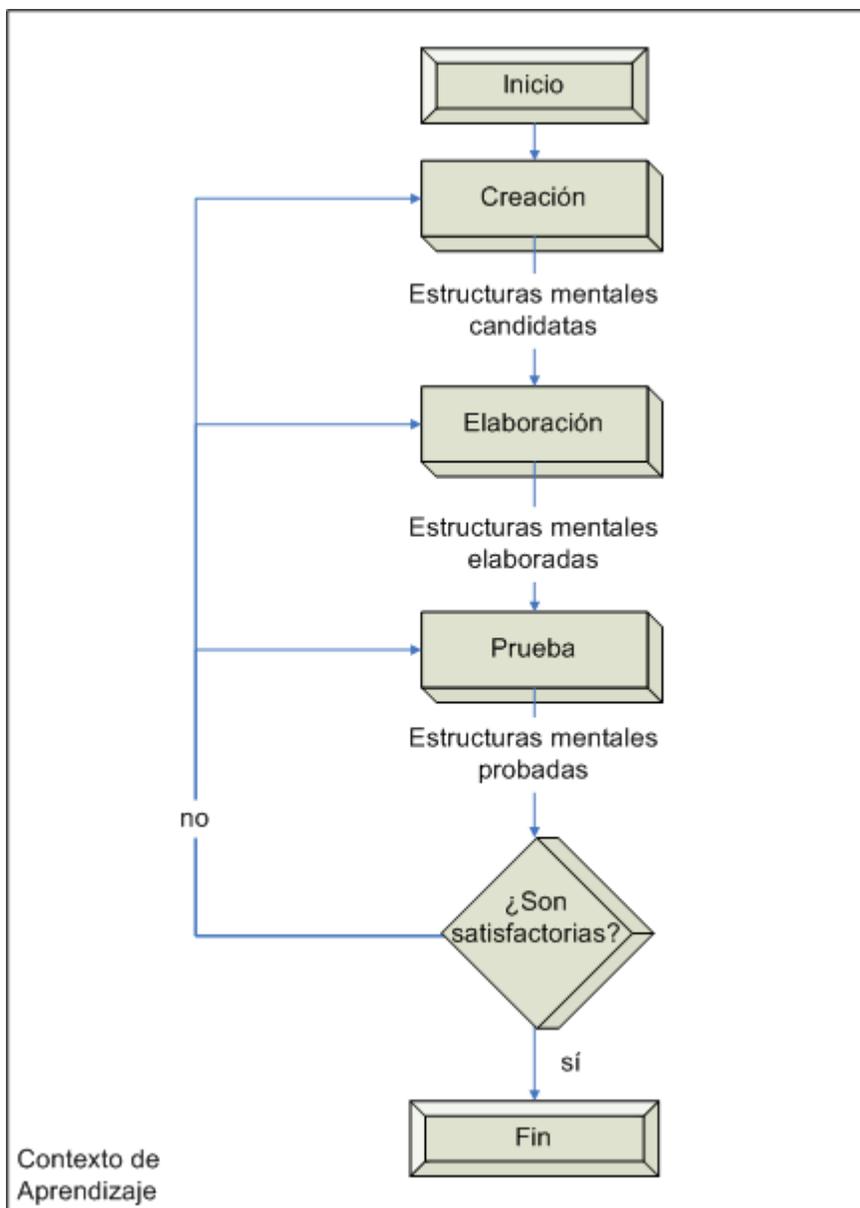


Figura 2.2. Ciclo de aprendizaje constructivo en detalle

Se puede entonces concluir que en el aprendizaje visto como un proceso constructivo, el aprendiz tiene un papel central [Li *et al.*, 2003], sin embargo también se reconoce la importancia de la enseñanza en este proceso. Para el constructivismo, la enseñanza es una ayuda al proceso de construcción de conocimiento, es decir, una intervención más en este continuo proceso [Barbera *et al.*, 2000].

Una vez teniendo en cuenta la idea anterior, se puede inferir la importancia de la enseñanza en el proceso de aprendizaje, siendo ésta comparable a la importancia de los conocimientos previos y la información del contexto. La figura 2.3 esquematiza el papel de la enseñanza en el proceso de aprendizaje constructivo, mostrándola como una entrada más, que anteriormente no se había contemplado.

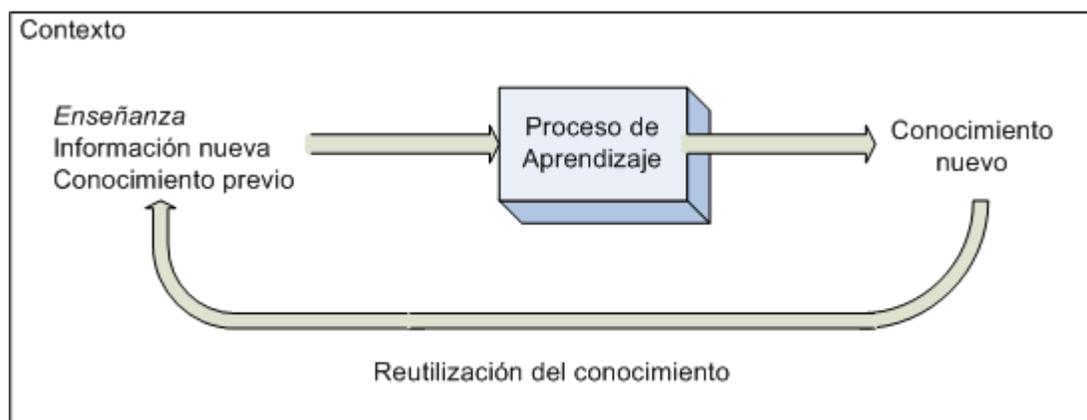


Figura 2.3. El papel de la enseñanza en el ciclo de aprendizaje constructivo

Finalmente, se tiene el panorama completo del ciclo de aprendizaje como proceso constructivo. Los educadores no sólo son parte del proceso de aprendizaje de sus alumnos, proporcionando una guía y contexto más apropiado, sino que también ellos mismos aprenden de sus alumnos. Como resultado de la interacción constructivista entre profesores y alumnos, todos terminan replanteando sus estructuras de conocimiento [Williams *et al.*, 1999].

2.1.3. Base computacional: la programación orientada a objetos

“Imagine una alta pila de tabiques rojos en el piso. Nada impresionante. Pero regrese en unos pocos meses cuando esos tabiques hayan sido usados juntos para construir una casa. El “significado” de esos tabiques, literalmente, los bloques de construcción de la casa, depende enteramente de cómo se conecten. Pueden ser fácilmente montados para formar un almacén, una tienda o una casa de oración. Los ladrillos permanecen idénticos en cada caso. Sólo cambia la forma en la que se arreglan. Pero eso... hace la diferencia.”¹

[Borsook, 1997]

Este es uno de los muchos ejemplos de analogías que se pueden encontrar en los textos de los artículos de investigación y en las referencias bibliográficas que tratan sobre *e-learning* y objetos de aprendizaje, sobre todo en los del área de la educación. Su objetivo es el de explicar a los educadores que los objetos de aprendizaje no sólo están basados en teorías pedagógicas y psicológicas, sino también en conceptos computacionales, y en particular en el paradigma de programación orientada a objetos.

En el caso de la presente analogía, los ladrillos serían los objetos de aprendizaje. La casa, el almacén, la tienda y la casa de oración podrían ser cursos distintos, o contenidos educativos más complejos formados a partir de los mismos objetos de aprendizaje, pero con distinta organización, y con distintos enfoques u objetivos.

¹ Traducción del autor

Las analogías son buenos intentos para explicar la noción de *objeto* a los profesionales del área de la educación. Sin embargo, si actualmente falta una definición de objeto de aprendizaje que sea aceptada a manera de consenso, una de las razones es porque ninguna analogía coincide con precisión con los parámetros originalmente utilizados para describir a los objetos en el dominio de las ciencias computacionales [Gunter *et al.*, 2004].

En el Paradigma de Programación Orientada a Objetos (POO), una *clase* es la unidad en base a la cual se desarrollan programas. Una *clase* define los *atributos* o propiedades y los *métodos* o acciones que las instancias u *objetos* de esa *clase* poseen. Además, como parte de la definición de una *clase*, se puede incluir como *atributos* a otros *objetos* de otras *clases*, es decir, un *objeto* puede contener a otros *objetos* [Norton, 2000].

En el contexto educativo, los objetos de aprendizaje forman parte de estructuras más complejas que son los cursos. A su vez, los cursos pueden contenerse dentro de estructuras más complejas como los planes de estudio. De la misma manera en la que los objetos son los componentes en base a los cuales se crean programas en el paradigma de programación orientado a objetos, se pretende que los objetos de aprendizaje sean los componentes en base a los cuales se creen contenidos educativos personalizados o enfocados a cubrir distintos tipos de necesidades.

A pesar de que existe controversia en cuanto a la definición del concepto de objeto de aprendizaje, sí hay una serie de características y funciones deseables que un objeto de aprendizaje debe poseer, tanto desde el punto de vista computacional como desde el educativo. En la sección 2.2.3 se aborda este tema.

2.2. Definición y características de los Objetos de Aprendizaje

2.2.1. Definiciones de Objeto de Aprendizaje

La siguiente es una lista de sólo algunas de las muchas definiciones que se encontraron del concepto de objeto de aprendizaje en fuentes de información consultadas en este proyecto:

“Cualquier entidad, digital o no digital, que puede ser usada para el aprendizaje, educación o entrenamiento”¹ [*Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, s.f. en Vinha, 2005].

“La experiencia estructural independiente más pequeña que contiene un objetivo, una actividad de aprendizaje y una evaluación”¹ [L’Allier, 1997].

“Un recurso multimedia *standalone* estructurado que encapsula información de alta calidad para facilitar el aprendizaje y la pedagogía. Cada objeto de aprendizaje es auto-contenido, su parte de contenido es pequeña para mantener el interés, contiene un glosario de términos clave y un menú de ayuda”¹ [Nugent *et al.*, 2005].

“Unidades atómicas de información en varios formatos multimedia interconectados por relaciones retóricas. Cada objeto de aprendizaje puede tener relación a uno o más temas relacionados”¹ [El Saddik *et al.*, 2000].

“Medios digitales que incluyen elementos educativos”¹ [Magenheim *et al.*, 2004].

“Una porción de un objeto de conocimiento. Un pequeño programa computacional que usa técnicas sofisticadas de diseño de interfaces en conjunto con imágenes y/o sonido para explicar un concepto”¹ [Brown *et al.*, 2002].

“Pequeñas unidades *standalone* de instrucción, que pueden ser etiquetadas y gestionadas en un repositorio, y que más tarde pueden ser ensambladas junto con otras para formar módulos educativos”¹ [Singh *et al.*, 2004].

“Componentes de contenido (educativo) relativamente pequeños, que se supone deben ser reutilizables en diferentes contextos, y que tienen asociados metadatos para que puedan ser gestionados, buscados, etc.”¹ [Neven *et al.*, 2002].

“Cualquier recurso digital que pueda ser reutilizado para facilitar o apoyar el aprendizaje”¹ [Wiley, 2002].

Estos ejemplos son suficientes para notar que existen diferencias importantes y hasta contradicciones entre las definiciones de un autor y otro. Algunos ven a los objetos de aprendizaje como entidades abstractas, para otros autores son específicamente recursos electrónicos. Otros los ven como unidades de contenido o como unidades de ensamblado de contenido. Finalmente, otros autores incluyen características de los objetos de aprendizaje como parte de su definición para hacer énfasis en la importancia que tienen para ellos esas características, como el uso de metadatos o la reutilización.

¹ Traducción del autor

2.2.2. Definición taxonómica de Objeto de Aprendizaje

El hecho de que cada autor adopte la definición de objeto de aprendizaje que más le convenga para su trabajo, dificulta considerablemente el establecimiento de una definición “oficial” que pueda ser usada en futuros trabajos e investigaciones.

La figura 2.4 presenta un avance en la creación de una taxonomía para definir el concepto de objeto de aprendizaje, elaborada a partir de definiciones de distintos autores. El objetivo de definir el concepto de objeto de aprendizaje con una taxonomía es fomentar la formalización del concepto y así evitar contradicciones, debates y discusiones entre autores. Además una taxonomía es una manera extensible de definir conceptos.

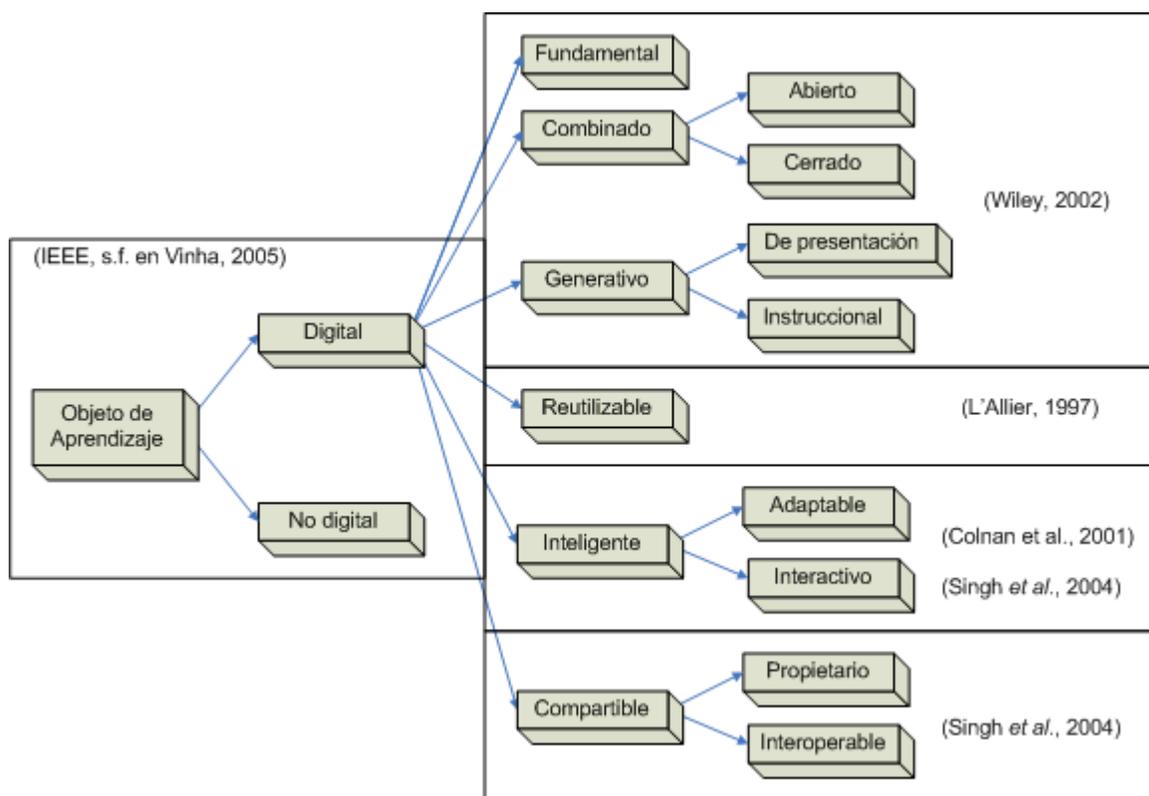


Figura 2.4. Definición taxonómica del concepto de Objeto de Aprendizaje

A continuación se describen las características o sub-definiciones de cada tipo de objeto de aprendizaje, recorriendo la taxonomía de lo general a lo específico.

Objeto de Aprendizaje (*Learning Object*)

Cualquier recurso o entidad utilizada para la enseñanza o el aprendizaje. Puede ser digital o no digital [IEEE, s.f. en Vinha, 2005].

Objeto de Aprendizaje No Digital (*Non-digital Learning Object*)

Cualquier objeto de aprendizaje que no esté basado en el uso de tecnología, como computadoras y otros dispositivos digitales o electrónicos.

Objeto de Aprendizaje Digital (*Digital Learning Object*)

Cualquier objeto de aprendizaje basado en el uso de tecnología. Puede ser un archivo, un programa, un conjunto de archivos o de programas de cualquier tipo. Los objetos de aprendizaje digitales pueden o no ser a la vez inteligentes, compartibles y/o reutilizables.

Objeto de Aprendizaje Fundamental

Objeto de aprendizaje digital que consta de un solo recurso, es decir, no está combinado o formado a partir de otros recursos u objetos de aprendizaje [Wiley, 2002].

Objeto de Aprendizaje Combinado

Objeto de aprendizaje digital formado a partir de otros objetos de aprendizaje o recursos digitales [Wiley, 2002].

Objeto de Aprendizaje Cerrado

Objeto de aprendizaje combinado en el que los objetos o recursos que lo constituyen no pueden ser accedidos de manera individual para ser reutilizados [Wiley, 2002].

Objeto de Aprendizaje Abierto

Objeto de aprendizaje combinado en el que los objetos o recursos que lo constituyen sí pueden ser accedidos de manera individual para ser reutilizados [Wiley, 2002].

Objeto de Aprendizaje Generativo

Objetos de aprendizaje digitales que proporcionan la lógica y la estructura para combinar objetos de aprendizaje de distintos tipos [Wiley, 2002].

Objeto de Aprendizaje de Presentación

Objeto de aprendizaje generativo para la generación y combinación de objetos de aprendizaje de tipo fundamental y combinado cerrado [Wiley, 2002].

Objeto de Aprendizaje Instruccional

Objeto de aprendizaje generativo para la combinación de objetos de aprendizaje de tipo fundamental, combinado cerrado y generativo de presentación [Wiley, 2002].

Objeto de Aprendizaje Reutilizable (*Reutilizable Learning Object*)

Objeto de aprendizaje digital que está desarrollado en torno a un objetivo de aprendizaje, y que contiene actividades de aprendizaje y de evaluación de dicho objetivo [L'Allier, 1997].

El hecho de estar desarrollado en torno a un solo objetivo, hace al objeto independiente de

contexto, y por lo tanto, reutilizable desde el punto de vista pedagógico. Sin embargo, esta reutilización todavía es cuestionable y en la práctica muchas veces no tiene éxito, debido a que se confunde a la reutilización técnica con la pedagógica [*Centre d'Educació i Noves Tecnologies* (CENT), 2006].

Objeto de Aprendizaje Inteligente (*Smart Learning Object*)

Objeto de aprendizaje digital que responde a las necesidades de ciertos individuos o grupos cambiando su estado, contenido o presentación. Los objetos de aprendizaje inteligentes pueden ser adaptables, interactivos o ambos [El Saddik *et al.*, 2000].

Objeto de Aprendizaje Adaptable (*Adaptable Learning Object*)

Objeto de aprendizaje inteligente capaz de configurarse, personalizarse o adaptarse cambiando su presentación o contenido en respuesta a las necesidades de distintas audiencias [Colnan *et al.*, 2001]. Algunas dimensiones de adaptabilidad son las siguientes [Li *et al.*, 2003]:

- lenguaje – inglés, español, etc.;
- nivel de habilidades – básico, intermedio, avanzado;
- nivel de dificultad – principiante, intermedio, avanzado, experto;
- estilo de aprendizaje – visual, auditivo, etc.

Objeto de Aprendizaje Interactivo (*Interactive Learning Object*)

Objeto de aprendizaje inteligente que cambia su estado o produce salidas de información en respuesta a entradas de datos de su usuario [El Saddik *et al.*, 2000].

Objeto de Aprendizaje Compartible (Shareable Learning Object)

Objeto de aprendizaje digital descrito basado en estándares tecnológicos que permiten su interoperabilidad con otros objetos de aprendizaje y sistemas de *e-learning*. Los objetos de aprendizaje compatibles pueden ser totalmente abiertos o propietarios, o estar basados en estándares tanto propietarios como abiertos [Singh *et al.*, 2004].

Objeto de Aprendizaje Interoperable (Interoperable Learning Object)

Objeto de aprendizaje compatible basado en el uso de estándares abiertos, ya sea que los emplee tal cual o que se realicen extensiones de los mismos [Singh *et al.*, 2004].

Objeto de Aprendizaje Propietario (Protected Learning Object)

Objeto de aprendizaje compatible que no está basado en estándares abiertos, y por lo tanto, es más difícil que interactúe con otros objetos de aprendizaje y sistemas de *e-learning*. La interoperabilidad de estos objetos se limita a otros objetos y sistemas basados en los mismos estándares [Singh *et al.*, 2004].

De acuerdo con esta definición taxonómica, los objetos de aprendizaje con los que se trabaja en este proyecto, caen en las siguientes categorías:

- digitales, por estar completamente formados por medios electrónicos o digitales;
- interoperables, por estar desarrollados en base a estándares abiertos;
- fundamentales y/o combinados, al ser libres de contexto y poder formar parte de distintos tipos de contenido educativo más completo (ver sección 3.1.1.1).

Tomando en cuenta las clasificaciones de objetos de aprendizaje identificadas, es importante considerar los siguientes puntos:

- Los tipos de objeto de aprendizaje “Digital” y “No Digital” son mutuamente excluyentes, al igual que las clasificaciones de Wiley.
- Las clasificaciones “Reutilizable”, “Inteligente” y “Compartible”, así como sus subcategorías, no son mutuamente excluyentes. Es decir, existe la posibilidad de que un objeto de aprendizaje caiga dentro de una o más de ellas a la vez.

Los puntos anteriores constituyen áreas de trabajo a futuro en el refinamiento de la definición taxonómica desarrollada. Esta definición constituye un avance en la formalización del concepto de objeto de aprendizaje, sin embargo, es importante continuar el trabajo sobre esta línea para finalmente obtener una definición formal que sea aceptada tanto por profesionales del área de la educación como por los del área de la computación.

2.2.3. Características de los Objetos de Aprendizaje

Como se ha mencionado anteriormente, independientemente de que el concepto de objeto de aprendizaje que no está bien definido, se han identificado algunas de sus características deseables, tanto en el aspecto técnico como en el computacional, que han marcado las pautas de los trabajos e investigaciones realizadas hasta el momento. A continuación se identifican esas características.

Las siguientes son las características más importantes de un objeto de aprendizaje desde la perspectiva computacional [Sullivan, 2001]:

- Accesibilidad – facilidad para localizar, buscar, actualizar y manipular al objeto.
- Adaptabilidad – capacidad de ser combinado en varias maneras para personalizar su contenido y adaptarse a las necesidades de varios individuos o grupos.
- Interoperabilidad – capacidad de uso en varios sistemas y plataformas.
- Confiabilidad – uso y desempeño consistente independiente del sistema o plataforma
- Reutilización – capacidad de ser usado varias veces y bajo distintos contextos.

Desde la perspectiva educacional, las características más importantes son las siguientes [Haughey *et al.*, 2005, Todorova *et al.*, 2003]:

- Granularidad - es deseable que el tamaño, la extensión o el número de conceptos o subtemas abarcados en los objetos de aprendizaje sea lo menor posible para que se pueda facilitar su independencia de contexto, y como consecuencia también su reutilización.
- Objetivo – cada objeto de aprendizaje debe tener un objetivo de aprendizaje, que es la razón por la que es creado.
- Contenido – información y actividades didácticas encaminadas a lograr el objetivo de aprendizaje del objeto.
- Evaluación – actividades de evaluación que permiten tener una retroalimentación sobre qué tanto se ha alcanzado el objetivo de aprendizaje del objeto.
- Duración – el contenido, las actividades y la evaluación en un objeto de aprendizaje se deben diseñar para terminarse en un tiempo promedio de 15 minutos.

Las características técnicas o computacionales mencionadas, en su mayoría, no están sujetas a discusión y se logran en gran parte describiendo a los objetos con metadatos. Es por eso que la definición y adopción de estándares es importante para el campo de estudio de los objetos de aprendizaje.

Pero desde el punto de vista pedagógico hay más controversia en cuanto a las características que deben poseer los objetos de aprendizaje, debido a que éstas se logran gracias al diseño educacional o instruccional que se emplee para desarrollarlos. Las características mencionadas en esta área pueden prestarse a discusión entre profesionales del área de la educación.

2.2.4. Puntos a favor y en contra del enfoque de los Objetos de Aprendizaje

Los objetos de aprendizaje constituyen una manera innovadora para diseñar y desarrollar contenido educativo, sin embargo, no representan necesariamente la manera perfecta de hacerlo. Construir sistemas o recursos didácticos basados en objetos de aprendizaje tiene tanto ventajas como desventajas.

Entre las ventajas más sobresalientes se encuentran las siguientes:

- Accesibilidad – idealmente los objetos de aprendizaje son fácilmente buscados, localizados y usados, sobre todo por la creciente tendencia del uso de Internet en el *e-learning* [Sullivan, 2001].

- Economía – la reutilización trae implicaciones económicas. Por un lado, los autores de los objetos de aprendizaje pueden beneficiarse al vender el mismo contenido a distintos compradores, y por el otro, los compradores adquieren únicamente el contenido que les interesa, sin necesidad de adquirir recursos de más a mayores precios [Hamel *et al.*, 2001].
- Adaptabilidad – el avance es al ritmo que marca el aprendiz, y en algunos casos, el objeto de aprendizaje puede configurarse para ajustarse a sus necesidades específicas [Sullivan, 2001].

Por otro lado, las siguientes son las desventajas más importantes del enfoque de los objetos de aprendizaje [Feldstein, 2001]:

- La transmisión del conocimiento es en un solo sentido: de instructor a aprendiz.
- El aprendizaje de un tema está limitado a la disponibilidad de objetos de aprendizaje que lo aborden.
- A pesar de la característica de adaptabilidad, la capacidad de reutilización hace más difícil en algunas ocasiones la creación de material didáctico especializado compuesto por varios objetos de aprendizaje, dirigido ya sea a personas, necesidades o situaciones específicas, debido a la independencia de contexto.

2.3. Retos actuales de los sistemas basados en Objetos de Aprendizaje

Una vez establecidas las características de los objetos de aprendizaje y presentadas las distintas definiciones del concepto tanto separadas como en conjunto, a continuación se presentan los retos más importantes que existen actualmente relacionados con estos recursos educativos.

2.3.1. Trabajo interdisciplinario

En *e-learning* se requiere del trabajo conjunto de profesionales de áreas muy distintas. La comunicación entre educadores y desarrolladores de software es esencial para lograr avances significativos en el dominio de los objetos de aprendizaje. Es importante establecer consensos para definir conceptos importantes y fomentar el uso de estándares para lograr mejores resultados en futuros proyectos e investigaciones. Se necesita de una infraestructura y de políticas que faciliten la comunicación y el trabajo colaborativo entre diferentes especialistas y diferentes áreas de una institución educativa.

2.3.2. Diseño de contenido educativo

Para los educadores un reto importante es el de diseñar contenido interactivo bajo un enfoque de reutilización. Esta dificultad radica en que varias investigaciones realizadas en el dominio de la educación han mostrado la importancia de proveer un contexto para el aprendizaje, pero proporcionar este contexto limita la reutilización del contenido educativo.

De esta manera, un diseñador de contenido educativo que desarrolle objetos de aprendizaje debe tomar en cuenta ambos factores - la reutilización y el contexto - y encontrar un equilibrio entre ellos [Hamel *et al.*, 2001].

2.3.3. Interoperabilidad

En el campo de la computación el reto más importante sigue siendo la interoperabilidad. Este reto se puede dividir en dos partes: en primer lugar, se debe lograr la interoperabilidad entre objetos de aprendizaje o recursos didácticos, y en segundo lugar, la interoperabilidad entre sistemas de *e-learning* de distintos tipos como repositorios, generadores de redes didácticas o generadores de metadatos.

El reto de la interoperabilidad entre recursos se puede ver más claramente cuando se considera que los objetos de aprendizaje que se emplean para formar cursos, redes didácticas o contenidos educativos más complejos, generalmente provienen de distintas fuentes y, por consiguiente, están desarrollados en distintos formatos de diferentes plataformas tecnológicas [Skår *et al.*, 2003].

La interoperabilidad entre repositorios sigue siendo un reto a pesar de los estándares existentes, ya que como se ha visto anteriormente, los estándares que tienen que ver con interoperabilidad siguen en evolución. Han sido pocos los repositorios de recursos de contenido educativo reutilizable creados exitosamente [Laleuf *et al.*, 2001].

Otra de las situaciones que dificulta la interoperabilidad entre sistemas de *e-learning*, es la existencia de distintos tipos de repositorios. Esta diversidad hace difícil la interacción entre repositorios distintos entre sí y con otros sistemas. Los siguientes son algunos ejemplos de tipos de repositorios con los que generalmente es un reto interactuar [Hatala *et al.*, 2005]:

Repositorios institucionales (*Server-type Repositories*)

Este tipo de repositorio es manejado por organizaciones específicas y enfocado a servir a su comunidad. Es accedido generalmente a través de un portal Web. El conjunto de metadatos que describe a sus recursos es definido por su autor y difícil de cambiar.

Redes de repositorios de comunicación directa (*Peer to peer Repositories*)

En realidad se trata de redes de repositorios individuales que se comunican mediante P2P. Generalmente cubren las necesidades de educadores y aprendices que no cuentan con repositorios propios de sus organizaciones.

Repositorios de Cosecha de Metadatos (*Harvested Metadata Repositories*)

Son repositorios que coleccionan metadatos de distintas fuentes en una ubicación centralizada. Cuando se realizan búsquedas, primero se examina en esta ubicación centralizada, y sólo se realizan búsquedas en otras fuentes si no se encontraron resultados en dicha ubicación.

2.4. Análisis de estándares relacionados con Objetos de Aprendizaje

Se ha mencionado en secciones anteriores la importancia del uso de estándares al tratar temas como diseño y desarrollo de sistemas de *e-learning* y de objetos de aprendizaje. Para este proyecto se investigaron cuatro estándares relacionados con objetos de aprendizaje, que son los principales, o los más usados y conocidos en las fuentes de información consultadas. La información general de cada estándar se puede encontrar en el anexo A de este documento. En esta sección se presenta un análisis de sus características principales.

Los parámetros a considerados en este análisis son los siguientes:

- Especialización - indica si el estándar es de propósito general o especializado en *e-learning*.
- Extensibilidad - indica si el estándar permite o no permite desarrollar extensiones del mismo para desarrollar sistemas más especializados.
- Simplicidad - este parámetro indica si el estándar es simple de entender, seguir e implementar, o si su uso es complicado o su comprensión requiere de esfuerzo.
- Flexibilidad - indica si un estándar requiere seguir al pie de la letra sus definiciones y/o recomendaciones, o da cierta libertad de implementación o uso.
- Granularidad - indica si el estándar establece límites en cuanto a la extensión del contenido o el tiempo de uso de los recursos educativos, o los clasifica de acuerdo a niveles de granularidad.
- Definición de metadatos - indica si el estándar propone un conjunto de metadatos para describir recursos.

- Organización y secuenciación - indica si el estándar da pautas para organizar recursos de contenido educativo en unidades más complejas y para establecer secuencias en el orden de presentación.
- Desarrollo de repositorios - indica si el estándar proporciona guías para el desarrollo de repositorios de recursos educativos.
- Empaquetado de recursos - indica si el estándar proporciona guías para el empaquetado de recursos educativos.
- Evaluación de aprendizaje - indica si el estándar proporciona guías o recomendaciones para la evaluación del aprendizaje.
- Ambiente de ejecución - indica si el estándar proporciona guías para el desarrollo de un ambiente de ejecución para presentar contenido educativo reutilizable.
- Orientación a Internet - indica si el estándar recomienda Internet como medio de distribución y presentación de contenido educativo.

Parámetro	Dublin Core	IMS	ADL SCORM	IEEE LOM
Especialización	X	✓	✓	✓
Extensibilidad	✓	✓	✓	✓
Simplicidad	✓	X	X	X
Flexibilidad	✓	✓	X	✓
Granularidad	X	X	✓	X
Organización y secuenciación	X	✓	✓	X
Definición de metadatos	✓	✓	✓	✓
Desarrollo de repositorios	X	✓	X	X
Empaquetado de recursos	X	✓	✓	X
Evaluación de aprendizaje	X	✓	X	X
Ambiente de ejecución	X	X	✓	X
Orientación a Internet	X	X	✓	X

Tabla 2.1. Características de estándares relacionados con Objetos de Aprendizaje

La tabla 2.1 fue desarrollada para presentar de forma comparativa las características generales de los estándares estudiados de acuerdo a los parámetros definidos. Si el parámetro se cumple para determinado estándar, se indica con una “palomita”, si no, se indica con una cruz. Como se puede observar, ningún estándar cumple con todos los parámetros utilizados. Lo ideal es utilizar dos o más estándares, dependiendo del tipo de sistema a desarrollar o de los requerimientos específicos de cada proyecto. La tabla 2.2 muestra un resumen comparativo de los cuatro estándares estudiados.

Dublin Core	LOM
<ul style="list-style-type: none"> • Estándar de propósito general • Definición de metadatos • Extensible 	<ul style="list-style-type: none"> • Estándar de metadatos • Enfocado al área de aprendizaje • Extensible
SCORM	IMS
<ul style="list-style-type: none"> • Enfocado al área de aprendizaje • Uso y/o extensión de estándares técnicos relacionados (IEEE LOM, IMS CP, y otros) • Enfocado al desarrollo de ambientes de aprendizaje basados en Web 	<ul style="list-style-type: none"> • LRMS: estándar de metadatos • DRI: estándar para implementación de repositorios interoperables • CP: estándar para empaquetado • QT: estándar para evaluación de aprendizaje

Tabla 2.2. Comparación de estándares

El estándar a utilizar en este proyecto es SCORM, debido a que cuenta con las características necesarias para desarrollar una *authoring tool* o herramienta de creación de objetos de aprendizaje; a que se basa en otros estándares importantes y cuenta con especificaciones para desarrollar otros tipos de sistemas de objetos de aprendizaje, como ambientes de ejecución; y también porque los estándares en los que se basa SCORM a su vez definen guías para desarrollo de otros tipos de sistemas que actualmente no se abarcan dentro de las especificaciones de SCORM, como es el caso del desarrollo de repositorios.

2.5. Generación de metadatos

La generación de metadatos es una parte importante del sistema desarrollado en este proyecto. En esta sección se presentan los distintos tipos de sistemas existentes de generación de metadatos, y se profundiza en los sistemas generadores de valores de metadatos, abordando temas como la categorización de metadatos y los tipos de fuentes de obtención de valores.

2.5.1. Tipos de sistemas generadores de metadatos

Existe poco trabajo hasta la fecha sobre generación de metadatos de objetos de aprendizaje. Es importante notar que la complejidad de estos sistemas varía. Si bien son pocos los proyectos de este tipo, son aun menos aquellos en los que se obtienen automáticamente valores de metadatos a partir del contenido y el contexto de los recursos. Existen otros tipos de proyectos de menor complejidad, pero que también se consideran generadores de metadatos. A continuación se distinguen tres tipos distintos de que caen dentro de la categoría de generación de metadatos.

Formas de llenado

Son sistemas que generalmente presentan un formulario para que el usuario llene los campos de la descripción de un recurso de acuerdo a un estándar. Posteriormente, el sistema genera para él un archivo con los metadatos deseados en un formato especial para su manejo, como XML.

Conversión de estándares

Son programas que generan un archivo con un conjunto de metadatos pertenecientes a un estándar a partir de otro archivo que contiene un conjunto distinto de metadatos, que bien puede ser de otro estándar o del mismo estándar que el archivo original, pero de una versión distinta. Este tipo de programas se utiliza en dos situaciones distintas: en primer lugar, cuando se requiere la interacción entre sistemas basados en distintos conjuntos de metadatos; y en segundo lugar, cuando se actualizan las definiciones de los estándares manejados en un sistema.

Sistemas generadores de valores de metadatos

Son sistemas que obtienen de manera automática o semiautomática para el usuario el valor de algunos campos de la descripción de un recurso, es decir, obtienen el valor de sus metadatos. Se identifican dos consideraciones básicas a la hora de desarrollar sistemas de este tipo: en primer lugar, es importante considerar el tipo o la naturaleza de los valores de los metadatos que es posible generar; y en segundo lugar, distinguir entre las posibles fuentes de obtención de valores. A continuación se abordan de manera general estos temas.

2.5.2. Categorización de metadatos

En un sistema generador de valores de metadatos, es importante distinguir tipos o categorías de metadatos, ya que los valores de algunos de ellos son difíciles, imposibles o no recomendables de obtener programáticamente. Una vez hechas estas categorías, es importante identificar cuáles son candidatas para la generación de valores de metadatos.

Como se mencionó en el capítulo anterior, los metadatos para objetos de aprendizaje se pueden clasificar de acuerdo a la naturaleza de sus valores en dos categorías o tipos principales, que son los siguientes [Pahl *et al.*, 2004]:

- Metadatos técnicos - indican características y/o requerimientos computacionales para poder utilizar los recursos incluidos en los objetos de aprendizaje. Algunos ejemplos son tamaños de archivos, tipos de archivos y software recomendado para visualizarlos.
- Metadatos educacionales - describen a los recursos educativos desde un punto de vista pedagógico. Algunos ejemplos son el nivel de dificultad, el tipo de recurso educativo y el nivel de interactividad.

De estas dos categorías, sólo la primera es candidata para la generación de valores de metadatos. Los educadores no recomiendan la generación de valores para metadatos educacionales, argumentando que es mejor que sea un experto en el área quien asigne estos valores en base a sus conocimientos y su experiencia.

2.5.3. Fuentes de obtención de valores de metadatos

Los dos tipos de fuentes en los que un sistema generador de valores de metadatos puede buscar posibles valores para los metadatos de un recurso, son el contenido mismo del recurso y su contexto, o el lugar en el que se encuentra el recurso. A continuación se define cada tipo de fuente y se proporcionan ejemplos concretos para cada uno [Cardinaels *et al.*, 2005].

2.5.3.1. Contenido del recurso

El recurso en sí mismo puede ser suficiente para obtener el valor de algunos de sus metadatos. El contenido de un recurso se analiza con herramientas especializadas. Los siguientes son ejemplos de analizadores de contenido comunes:

- Extractores de texto / palabras clave
- Analizadores de lenguaje
- Reconocedores de patrones para imágenes
- Contexto relacionado de agregación (el curso o red didáctica que contiene al recurso)

2.5.3.2. Contexto del recurso

El contexto de un recurso puede verse como el “lugar” en el que éste se encuentra. Desde un punto de vista técnico, el contexto de un recurso constituye otro sistema con el que el generador de metadatos debe interactuar. Ejemplos comunes de contextos de recursos de aprendizaje son los siguientes:

- Sistemas que rastrean y registran el uso de los recursos
- Perfiles de los creadores
- Sistemas de archivos
- Ambientes de aprendizaje virtuales o repositorios de recursos de aprendizaje.

En conclusión, los sistemas generadores de valores de metadatos son más complejos que las formas de llenado y los sistemas de conversión, porque para poder cumplir su función requieren de otros sistemas, como el uso de herramientas analizadoras de contenido, o como la interacción con otros sistemas que constituyan el contexto del recurso.

2.6. El trabajo existente

Se ha visto anteriormente que el trabajo existente en torno al concepto de objeto de aprendizaje es bastante, a pesar de la falta de una definición para dicho concepto. Se explicó que hay distintos tipos de sistemas computacionales relacionados con objetos de aprendizaje. A continuación se presentan ejemplos concretos sobresalientes de algunos de estos tipos de sistemas.

2.6.1. Extensiones a estándares y manejo de recursos interactivos

El proyecto *Multibook* es un sistema basado en Web que se desarrolló en conjunto por la *Technical University of Darmstadt* y la *Fern-Universität Hagen* en Alemania, concluyéndose en el año 2000. Se trata de un sistema de gestión de contenidos de aprendizaje (LCMS, véase sección 2.1.1) de objetos de aprendizaje que maneja contenido interactivo. Los desarrolladores usaron LOM como estándar para describir a los objetos del sistema y decidieron hacer una extensión de este estándar para implementar las funcionalidades y características que deseaban [El Saddik *et al.*, 2000].

En el año 2001 se implementó una herramienta de búsqueda de recursos adaptables para el sistema EASEL (*Educator Access to Services in the Electronic Landscape*), como un trabajo conjunto entre varias universidades japonesas y europeas. Se utilizó el estándar IMS LRMS como base para la descripción de los recursos de este sistema, pero se encontró que no facilitaba el descubrimiento y la integración de recursos adaptables, por lo que hicieron una extensión de este estándar para lograr su objetivo [Conlan *et al.*, 2001].

VIANET es una plataforma de *e-learning* basada en SCORM y con capacidad de extensión, desarrollada en Portugal. En el año 2004 se realizó una extensión al conjunto de metadatos de los recursos de este sistema para que pudieran incluir información adicional a la que provee SCORM sobre cursos, tales como *syllabus*, bibliografía, preguntas frecuentes, evaluaciones y reglas de evaluación. Con esta extensión se incrementó la habilidad de SCORM para soportar la accesibilidad e interoperabilidad de información adicional de contenidos educativos [Simões *et al.*, 2004].

2.6.2. Repositorios y otros sistemas interoperables

EduSource es un proyecto canadiense cuyo objetivo es el de construir una red de repositorios de objetos de aprendizaje. El protocolo de comunicación empleado para este proyecto trató de implementar lo más posible la especificación y la arquitectura propuesta por el estándar IMS DRI. Sin embargo, se descubrió que este estándar deja muchas preguntas en el aire y propone el empleo de tecnologías poco usadas, por lo que se tuvieron que tomar decisiones importantes a la hora de implementarlo [Hatala *et al.*, 2005].

En el año 2004, el centro de investigación *IBM Research* en colaboración con el MIT desarrolló un sistema generador de redes didácticas de objetos de aprendizaje para el sistema *Custom Course System*, al que llamó *Dynamic Assembly Engine*. El sistema de aprendizaje en cuestión es de uso interno para IBM, basado en Web, y enfocado al entrenamiento de personal en tecnologías de información. Esta herramienta se comunica con un repositorio de objetos de aprendizaje para producir su salida. Ambos sistemas, el

repositorio y el generador de redes didácticas, fueron desarrollados basándose en estándares como LOM e IMS para permitir la interoperabilidad entre los mismos [Farrell *et al.*, 2004].

2.6.3. Generación de metadatos

Un ejemplo de sistema de forma de llenado es el *SCORM Metadata Generator*. Se trata de un programa que genera archivos XML de metadatos del estándar LOM a partir de los valores ingresados en un formulario Web. Este programa puede ser descargado del sitio Web de SCORM.¹

Un sistema de mapeo o adaptación de estándares fue desarrollado por la fundación ARIADNE para obtener archivos XML de metadatos LOM a partir de archivos XML del conjunto de metadatos usados por esta organización. Esta herramienta es *Open Source* y se puede obtener en el sitio Web de ARIADNE.²

Otro ejemplo de este tipo de sistema es el desarrollado por SCORM para obtener un archivo XML de metadatos que se ajusta a la versión 2004 del estándar a partir de un archivo XML de metadatos de la versión 1.2. Este programa puede obtenerse también en el sitio Web de SCORM.³

¹ <http://www.adlnet.org/downloads/36.cfm>

² http://www.ariadne-eu.org/tikiWiki/tiki-page.php?pageName=developingTools_lom

³ <http://www.adlnet.org/downloads/171.cfm>

Un sistema generador de valores de metadatos fue desarrollado en la *Katholieke Universiteit Leuven* de Bélgica en el año 2005. Se definieron e implementaron un *framework* y una API para el manejo de la lógica aplicativa referente a la generación de metadatos para recursos educativos, inicialmente basada en el estándar LOM. A la API creada la llamaron *Simple Indexing Interface*. Su principal finalidad es ser capaz de obtener valores de metadatos a partir de varios tipos de contenidos y contextos, así como de ser lo suficientemente extensible para implementar la obtención de metadatos a partir de nuevos tipos de contenidos y contextos [Cardinaels *et al.*, 2005]. Esta API se probó en un servicio Web generador de metadatos LOM, y se compararon los resultados obtenidos con metadatos generados manualmente. Los resultados fueron en su mayoría satisfactorios, pero hubo un conjunto de metadatos para los cuales los valores generados manualmente y automáticamente difirieron: los de tipo educativo. Entre los metadatos cuyos valores se obtuvieron en esta prueba se encuentran los siguientes [Cardinaels *et al.*, 2005]:

- Tipo de documento
- Información personal de autores
- Tamaño de paquete
- Disciplina
- Fecha de publicación
- Lenguaje
- Tipo de sistema operativo
- Formato de documento
- Derecho de acceso
- Título de recursos

Entre el trabajo a futuro de este proyecto se contempla el manejo de generación de valores de metadatos para otros estándares como Dublin Core.

Otro sistema de este tipo fue terminado también en el año 2005 por investigadores de IBM. El nombre que le dieron a este generador de metadatos es MAGIC (*Metadata Automated Generation for Instructional Content*). El estándar en el que está basado este sistema es SCORM. La generación de valores de metadatos no es tan compleja como en el ejemplo anterior, pero tampoco es la única finalidad ni la única funcionalidad de este sistema. MAGIC no obtiene información de contexto para la generación de valores de metadatos, sólo de contenido a través de cuatro analizadores distintos: audio y video, texto y categorización de texto. Pero a diferencia del proyecto anteriormente citado, este sistema cuenta con una interfaz de edición para cambiar los valores generados en caso de ser necesario. Además de lo anterior, este sistema es una *authoring tool*, ya que proporciona la funcionalidad de empaquetar recursos educativos junto con sus descripciones de acuerdo al estándar IMS CP, que es parte de SCORM, como se puede ver en el anexo A de este documento y más adelante en capítulos posteriores [Li *et al.*, 2005].

2.6.4. Ambientes de ejecución de Objetos de Aprendizaje

El sistema *SCORM Sample Runtime Environment* está disponible desde el sitio Web de este estándar¹, en el que se especifica que se trata de un prototipo o ejemplo de implementación de las guías que marca el estándar para ambientes de ejecución de objetos de aprendizaje. El *SCORM Sample Runtime Environment* se utilizó en las pruebas de funcionalidad del software desarrollado en este proyecto. La imagen 2.5 presenta una pantalla de este sistema.

¹ <http://www.adlnet.gov/scorm/history/2004/srte.cfm>

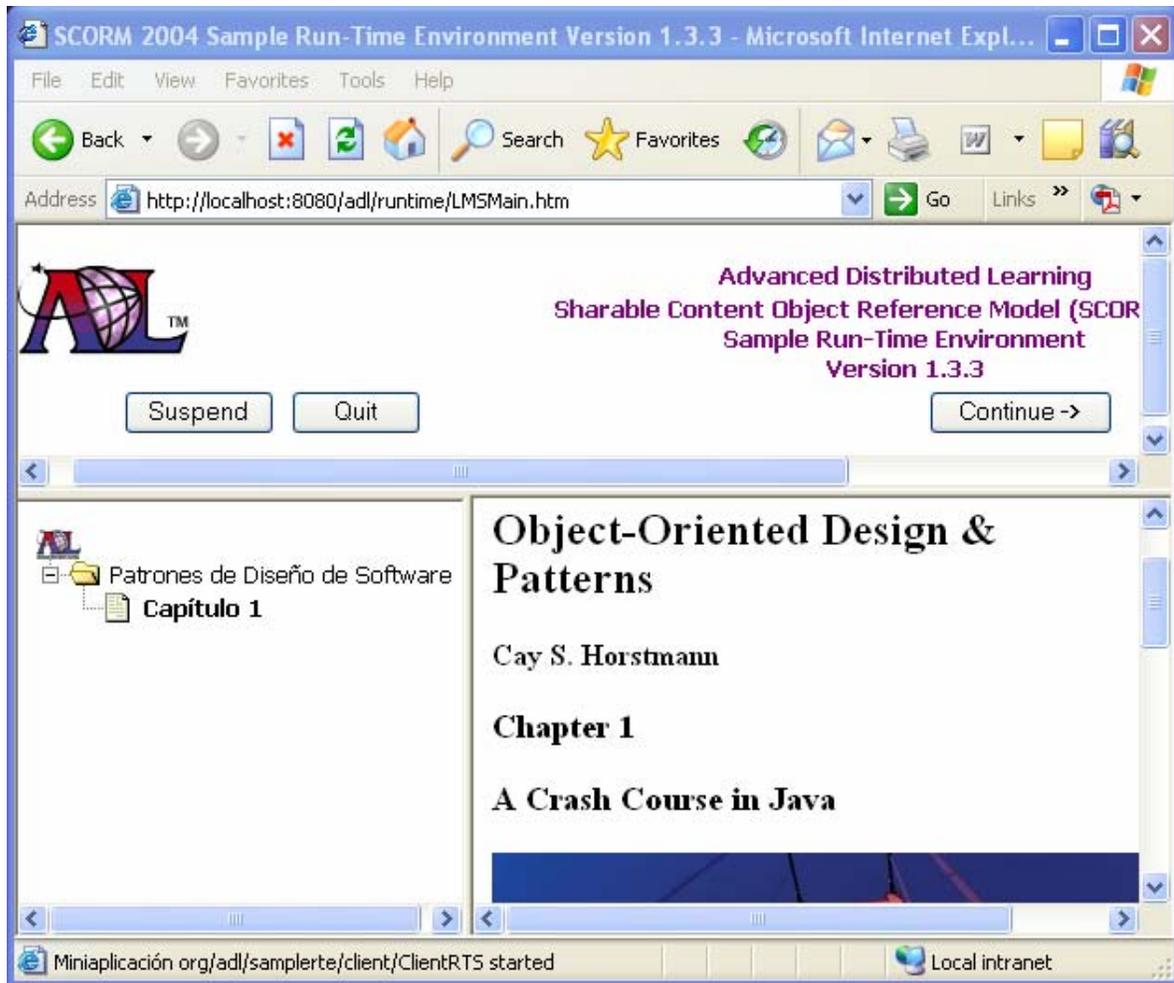


Figura 2.5. Pantalla del sistema *SCORM Sample Runtime Environment*

2.6.5. Herramientas de creación de Objetos de Aprendizaje

El sistema *Reusable eLearning Object Authoring & Delivery (RELOAD)*¹ consta una herramienta de creación de paquetes de contenido educativo basados en los estándares IMS CP y SCORM CAM, además de editores de metadatos basados en el estándar IMS LRMS.

¹ <http://www.reload.ac.uk/>

Varios paquetes de contenido educativo creados por este sistema se utilizaron en las pruebas de funcionalidad del software desarrollado en este proyecto. Las figuras 2.6 y 2.7 muestran imágenes de los módulos de creación de objetos de aprendizaje y de edición de metadatos de este sistema, respectivamente.

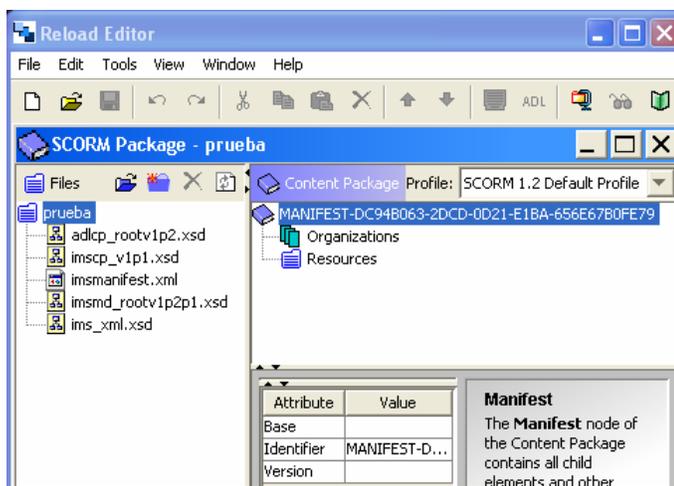


Figura 2.6. Creación de Objetos de Aprendizaje en el sistema RELOAD

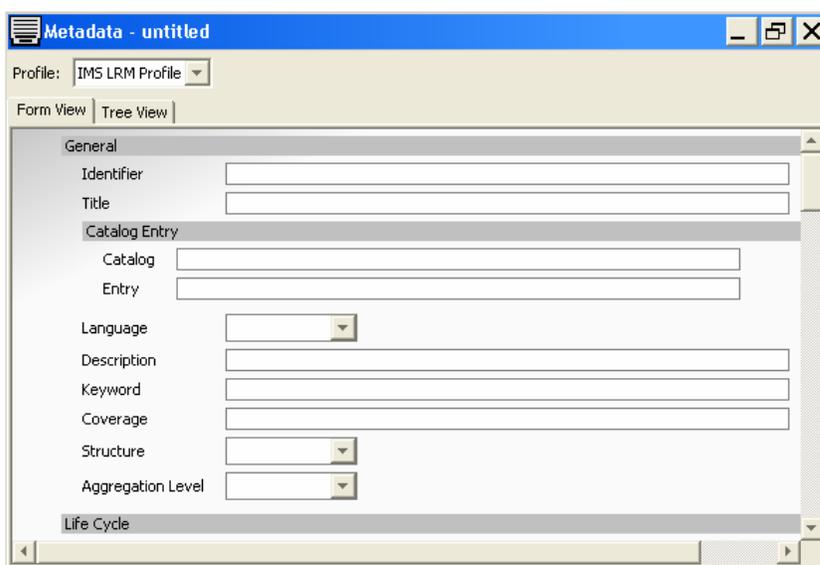


Figura 2.7. Edición de metadatos en el sistema RELOAD