



Universidad Carlos III de Madrid
Escuela Politécnica Superior

Doctorado en Ciencia y Tecnología Informática
Tesis Doctoral

Desarrollo de materiales didácticos desde una perspectiva basada en modelos

Autora: Carmen L. Padrón Nápoles
Directora: Dra. M. Paloma Díaz Pérez

Leganés, Junio de 2009

Dedicatoria

A mi familia: Carmen, Viti, Francisca y Víctor, por darme la maravillosa oportunidad de crecer junto a ustedes, por todo vuestro amor y comprensión, por ayudarme a ser todo lo que soy.

A Alex porque sin ti, la mayor parte de mi vida carecería de sentido.

If I ever lose my faith in you

There'd be nothing left for me to do.

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a mi directora, Dr. Paloma Díaz Pérez por su dedicación, apoyo, ánimo, sus acertadas sugerencias y comentarios a lo largo de todo el tiempo que hemos trabajado juntas. Al Dr. Ignacio Aedo por haber apostado por mí, espero no haberle defraudado. A Dr. Juan Manuel Doderó, mil gracias por su apoyo, cariño y por enseñarme a defender y cuidar mis ideas.

A todos mis compañeros del Laboratorio DEI especialmente a Susana y Telmo por estar a mi lado compartiendo los momentos más alegres y los más complicados. A Esther, Fausto, David gracias por toda vuestra colaboración. A Camino Fernández que ya no está físicamente en el grupo pero que ha dejado una amable huella en mi trabajo de los años que compartimos docencia e investigación, gracias por siempre estar disponible.

A mis estudiantes: Jesús Lanchas, James Muscat, Iván Peláez, Carlos Fernández, que sin vuestro apoyo y dedicación esta Tesis no habría podido llegar a buen puerto.

A todos los colegas que amablemente han participado en el proceso de evaluación de este trabajo y que dedicaron parte de su tiempo a estudiar, valorar la solución y contribuir con sus comentarios.

A mis amigos de aquí: Susana, Rafa, Agapito, Yolanda, Ana, Isabel, César, Luis, Nayat, Ernesto y Luis por vuestro cariño. Y a los que a pesar de la distancia, siempre están conmigo: Marisol, Marley, Julio César, Rigo, Lavinia, Aymé, Mónica, Daniela.

A todos, muchas gracias.

Resumen

La tesis doctoral presentada en este documento se enmarca en el área de la Enseñanza Asistida por Ordenador, específicamente está relacionada con el desarrollo de materiales didácticos, elementos claves para facilitar la ejecución exitosa de en los procesos educativos basados en *e-Learning*.

Gracias a *e-Learning* se ha dado un importante paso en la evolución y adaptación de la educación a los tiempos que vivimos a través de la digitalización de los materiales didácticos tradicionales. Esta digitalización amplía las capacidades de comunicación y presentación de unos materiales didácticos que pueden ser representados utilizando técnicas multimedia e interactivas, mejorando así, la comprensión de la información o conocimiento representado por parte de los discentes, su trabajo individual y potenciando el desarrollo de actitudes como la responsabilidad y el espíritu de trabajo en equipo. Otras importantes ventajas radican en el aumento de la flexibilidad en el uso y configuración de los materiales didácticos y la posibilidad de soporte a diferentes metodologías y estrategias pedagógicas, la optimización del uso de recursos educativos, al considerar las recomendaciones de los estándares y especificaciones de *e-Learning*.

Para que estas oportunidades puedan ser aprovechadas de forma eficaz es preciso disponer de materiales didácticos digitales, conformes con los estándares y de herramientas de autoría que permitan desarrollarlos. Estas herramientas deben tener en cuenta que la creación de materiales didácticos no consiste simplemente en digitalizar los materiales didácticos tradicionales sino que incluye soluciones de creación que toman en consideración aspectos pedagógicos, tecnológicos y organizativos de tal forma que los materiales creados sirvan de soporte a un proceso educativo bien formado.

La creación y específicamente su fase de desarrollo, es un proceso intensivo y complejo, de un marcado carácter multidisciplinario en el que participan profesionales con diversos perfiles, experiencias y puntos de vista sobre cómo deben ser, cómo deben crearse y desarrollarse los materiales didácticos.

Consecuente con lo anterior, el objetivo general de la tesis es la definición de un marco conceptual para herramientas de autoría que ayuden a los profesionales encargados del desarrollo a afrontar la complejidad del proceso y a obtener materiales didácticos caracterizados por su potencial de reutilización y por servir como soportes efectivo a los procesos educativos en los que serán utilizados.

El marco conceptual propuesto por la solución de esta tesis, está compuesto por un modelo, un método y la arquitectura para la herramienta de autoría.

El modelo permite describir de manera general los componentes del material: contenidos y estrategia pedagógica; los requisitos sobre sus características deseables a través de elementos que se han agrupado en cuatro vistas: Dominio de Conocimiento (DC), Pedagógica (P), Soporte (S) y Calidad-Usabilidad (C-U). Estos elementos proporcionan información de carácter organizativo, pedagógico y tecnológico para que sea posible obtener un diseño armónico de un proceso educativo basado en *e-Learning*. En el meta-modelo se definen conjuntos de relaciones entre los elementos que incluyen correspondencias entre las descripciones de alto nivel técnico provenientes de los estándares *e-Learning* con descripciones de los requisitos del material más simples y cercanos al lenguaje de sus creadores. Gracias a ellas, se puede facilitar el desarrollo y guiar a los diferentes tipos de desarrolladores durante sus diversas etapas sin que éstos tengan conocimientos sobre los detalles de las especificaciones y estándares *e-Learning* para obtener materiales conformes a ellos.

El método está compuesto por 5 pasos: Entrada de requisitos, Selección de recursos, Composición, Evaluación y Generación de anotaciones semánticas. Estos pasos utilizan las respuestas de los desarrolladores a un conjunto de preguntas sobre los requerimientos del material que son descritos utilizando un conjunto mínimo de elementos del modelo. Los algoritmos definidos para los 5 pasos del método permiten definir guías y mecanismos pueden ayudar a los desarrolladores en la elección de cuál es el procedimiento que deben seguir durante la etapa de selección de acuerdo con sus necesidades específicas; guías y mecanismos para la agregación e integración de los recursos en la estructura del material durante la etapa de composición; mecanismos que permiten llevar a término la evaluación del material obtenido en relación con su utilidad pedagógica y la usabilidad de su interfaz, además de facilitar las labores de rediseño en aquellos casos en que dichas cualidades no sean las adecuadas para que el material sirva de soporte efectivo a un determinado proceso educativo. El potencial de reutilización del material se asegura no sólo desde la forma en que se define la composición sino también en el paso de Generación de anotaciones semánticas que permite añadir información de carácter semántico al material creado para permitir su localización, recuperación. Éste además se encarga de la creación del paquete de distribución del material conforme con la especificación IMS CP, que permitirá la interoperabilidad del material entre sistemas heterogéneos conformes con la especificación.

Modelo y método son las bases para la arquitectura de herramientas de autoría de carácter generativo. Dicha arquitectura está formada por un conjunto de módulos que utilizando la información proporcionada por los elementos del modelo, están encargados de la implementación de los algoritmos definidos para cada uno de los

pasos del método que permiten guiar y ofrecer soluciones a cada una de las etapas del desarrollo y aseguran que el material obtenido exhiba las características deseables.

La factibilidad técnica de la solución ha sido comprobada a través de un conjunto de pruebas de evaluación. La capacidad del modelo para describir de forma general y clasificar los materiales fue contrastada por medio del conjunto de pruebas realizadas con una ontología basada en el modelo y un razonador. La capacidad del método para guiar el proceso de desarrollo y la adecuación de las soluciones ofrecidas a las etapas del desarrollo: selección y composición fue comprobada en el análisis de los resultados de las encuestas de evaluación de cuatro casos prácticos en los que se utilizó el método. Por último, factibilidad técnica de la implementación del entorno o herramienta de autoría propuesta, la capacidad del método para guiar y ofrecer soluciones adecuadas a la etapa de evaluación y la utilidad de la solución propuesta fue comprobada en el análisis de los resultados de una encuesta de expertos.

Abstract

This document presents a PhD work related to the Technology Enhanced Learning area. It is specifically concerned with the development of didactic materials, key features needed to support the educational process deployment in the *e-Learning* context.

Thanks to *e-Learning* an important evolutionary step has been taken in the educational area with the digitizing of traditional didactic materials. Digitizing improves didactic materials communication and presentation capabilities since contents can be represented using interactive and multimedia techniques. Thus, learners' comprehension of represented information (or knowledge), their individual work and attitudes such as responsibility and collaborative work will be also improved. Other advantages of *e-Learning* worthy to be mentioned are the enhancement of flexibility in the use, configuration of didactic materials, their support for diverse pedagogical methodologies and the optimisation of resources when recommendations and guidelines from *e-Learning* standards and specifications are considered.

The lack of authoring tools to create didactic materials able to support those features can hinder the effective deployment of previously mentioned opportunities. Authoring tools should take into consideration that creation is not simply a matter of digitizing traditional materials; it also involves new approaches that must take into account pedagogical, technological and organizational features to form a well-designed educational process. Moreover, the creation process and its development phase are complex, intensive and multidisciplinary processes with stakeholders which are professionals with diverse profiles, levels of expertise and viewpoints of didactic materials main features and how they must be created.

According to those facts, this PhD work is aiming to define a conceptual framework for authoring tools which offer support to practitioners to face the complexity of development, guide them through the process and help them to obtain potential reusable didactic materials that also will be effective support for the educational situation deployment in an *e-Learning* environment.

The conceptual framework proposed by this PhD work is composed by a model, a method and authoring tool architecture.

The model generally describes didactic material's main components, i.e. contents and pedagogical strategy, and its requirements using a set of elements grouped in four views: knowledge domain (KD), pedagogical information (P), technical support (S) and quality (Q-U). Those elements formally specify the pedagogical, technological and

organizational information need to consider in order to form a well-designed educational process. In the meta-model were also defined sets of elements relations which include mappings from complex technical descriptions of *e-Learning* standards and specifications to simpler and closer descriptions to practitioners about material requirements. Such mappings are cornerstones to support the development, to guide practitioners through the different stages of development and help them to obtain didactic materials conformant to standards and specifications with no need of being an expert in standards and specs details and implementation.

The method is composed by 5 steps: Requirement gathering, Resources selection, Composition, Evaluation and Semantic annotations generation. Those steps use developers' answers to a set of questions about material features and requirements described by a minimum set of model elements. The algorithms defined for method steps allow providing mechanisms and guidelines to help developers to choose the most appropriated selection procedure to follow in the selection stage according their needs. For the composition stage they help to aggregate resources and to integrate them into the material presentation and delivery structure. For the evaluation stage, they define mechanisms to asses the material's pedagogical utility and interface usability as indicators of an effective support for an educational process and to redesign the material in those cases when such indicators will no reach appropriated values. Last but not least, they also allow to automatically add semantic annotations to the created material using the mappings defined in the meta-model for describing general material features and pack it according to IMS CP, ensuring material's potential reusability since it is interoperable and can be localized and retrieved.

Model and method are the foundation of the architecture for a generative authoring tool. This architecture is composed by a set of modules which use the information provided by model elements and implement the algorithms defined for each method step to guide, provide solutions to the different stages of development and to ensure previously stated material's desired features and they effectively support the achievement of stated learning objectives from an educational process.

The technical feasibility of the proposed solution has been proved by means of a set of evaluation tests. The model capability to generally describe and classify materials has been shown in the results of tests realized with a model based ontology and a reasoner. Method capabilities to guide the development and to provide suitable solutions to the selection and composition stages of development has been stated in the results of evaluation questionnaires for the four development situations where the method support was analyzed. The implementation feasibility of the proposed authoring tool architecture, the method capability and suitability of its evaluation step and the usefulness of the proposed framework were stated in the result analysis of the expert questionnaire.

Índice General

Índice General.....	I
Índice de Figuras.....	V
Índice de Tablas.....	VIII
Capítulo 1 Introducción.....	1
1.1 Contexto.....	1
1.2 Metodología de investigación	4
1.3 Estructura del documento.....	4
Capítulo 2 Estado de la cuestión	7
2.1 Concepto de material didáctico	7
2.2 Estándares y especificaciones de e-Learning.....	11
2.2.1 Especificación IMS Learning Resource Meta-data.....	12
2.2.2 Especificación IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective	12
2.2.3 Especificación IMS Learner Information Package	12
2.2.4 Especificación IMS Question & Test Interoperability.....	13
2.2.5 Especificación IMS Content Packaging	13
2.2.6 Especificación IMS Simple Sequencing	14
2.2.7 ADL Shareable Content Object Reference Model.....	14
2.2.8 Especificación IMS Learning Design.....	15
2.3 Características deseables de los materiales didácticos.....	16
2.4 El desarrollo de materiales didácticos.....	19
2.4.1 Etapa de selección	20
2.4.2 Etapa de composición.....	21
2.4.3 Etapa de evaluación.....	21
2.5 Criterios de evaluación del material didáctico	22
2.5.1 Procedimiento de evaluación.....	23
2.5.2 Criterios para valorar de Utilidad pedagógica	24
2.5.3 Criterios para valorar la Usabilidad	27
2.5.4 Mecanismos para procesar información de evaluación	30
2.5.5 Preparación y ejecución de la evaluación	30
2.6 Aproximaciones metodológicas como soporte al desarrollo de materiales.....	31
2.6.1 Soluciones basadas en modelos	32
2.7 Herramientas de autoría.....	36
2.8 Uso de Ontologías educativas	38
2.9 Resumen del Capítulo	42
Capítulo 3 Planteamiento del problema	43
3.1 Definición de la problemática a resolver	43
3.2 Objetivos	48
3.3 Planteamiento de solución	49
3.4 Aportaciones esperadas.....	50
Capítulo 4 Solución: Definición del meta-modelo MD2	52
4.1 Introducción	52
4.2 Descripción general del meta-modelo.....	53
4.2.1 Vista del Dominio de Conocimiento (DC)	56
4.2.2 Vista Pedagógica (P)	66
4.2.3 Vista de Soporte (S)	77
4.2.4 Vista Calidad-Usabilidad (C-U)	108
4.3 Resumen del Capítulo	136
Capítulo 5 Solución: Definición del método MD2 como guía para el desarrollo	138
5.1 Introducción	138
5.2 El método MD2	141

5.2.1	Utilización de la información proporcionada por el meta-modelo MD2	141
5.2.2	Pasos que componen el método MD2.....	146
5.2.3	Paso 1. Entrada de requisitos (ER)	147
5.2.4	Paso 2. Selección de recursos	153
5.2.5	Paso 3. Composición	157
5.2.6	Paso 4. Evaluación	169
5.2.7	Paso 5. Generación de anotaciones semánticas.....	174
5.2.8	Ejemplo de desarrollo de materiales utilizando el método	179
5.3	Resumen del Capítulo.....	189
Capítulo 6 Solución: Definición de la arquitectura de la herramienta de autoría		193
6.1	Introducción	193
6.2	Definición de la arquitectura	193
6.2.1	Módulo Importador de Ontologías de Dominio.....	199
6.2.2	Motor de inferencias.....	200
6.2.3	Módulo de selección	204
6.2.4	Módulo de composición.....	206
6.2.5	Módulo de evaluación.....	209
6.2.6	Módulo de generación de anotaciones semánticas.....	210
6.3	Resumen del capítulo	211
Capítulo 7 Evaluación.....		213
7.1	Introducción	213
7.2	Evaluación analítica de la solución propuesta (P1)	215
7.3	Valoración del modelo definido (P2)	222
7.4	Valoración de la utilidad del método para guiar el desarrollo (P3)	224
7.4.1	Resultados de la prueba I	227
7.4.2	Resultados de la prueba II	230
7.4.3	Resultados de la prueba III.....	233
7.4.4	Resultados de la prueba IV	235
7.5	Evaluación de expertos (P4)	239
7.6	Resumen del Capítulo.....	242
Capítulo 8 Conclusiones		255
8.1	Introducción	255
8.2	Conclusiones.....	255
8.2.1	Conclusiones sobre el modelo.....	257
8.2.2	Conclusiones sobre el método.....	258
8.2.3	Conclusiones sobre la arquitectura.....	259
8.3	Aportaciones.....	261
8.4	Aplicabilidad de la solución propuesta a otros dominios.....	263
8.5	Carencias y limitaciones.....	264
8.6	Trabajos y líneas futuras de investigación.....	265
8.6.1	Extensiones al trabajo realizado.....	266
8.6.2	Líneas de investigación.....	266
Anexo 1. Lógica de descripciones.....		268
A1.1	Lógica de descripciones.....	268
A1.2	Lógica ALC.....	269
A1.2.1	Sintaxis	270
A1.2.2	Axiomas terminológicos.....	271
A1.2.3	Aserciones sobre los individuos.....	271
A1.2.4	Inferencias	272
A1.2.5	Extensiones <i>ALC</i>	273
A1.3	¿Por qué usar Lógicas de descripciones?.....	275
A1.3.1	Lógicas de descripciones como herramientas de modelado	275
A1.3.2	Lógicas de descripciones como solución a problemas de configuración	275
Anexo 2 Elementos del meta-modelo representados con lógicas de descripciones... 278		278
A2.1	Elementos de la vista DC.....	278
A2.1.1	Características de la disciplina DC_disciplina.....	278
A2.1.2	Competencias que puede desarrollar DC_listadoCompetencias.....	279
A2.1.3	Detalles del tema DC_tema	279
A2.1.4	Tiempo estimado DC_tiempoEstimado	280
A2.1.5	Durabilidad del tema DC_durabilidad	280

A2.2	Elementos de la vista P.....	280
A2.2.1	Tipo de material P_tipoMaterial.....	280
A2.2.2	Habilidades cognitivas P_habilidades.....	281
A2.2.3	Estrategia pedagógica P_estrategia.....	281
A2.2.4	Esfuerzo estimado P_esfuerzoEstimado	293
A2.2.5	Dificultad del material P_dificultad	293
A2.3	Elementos de la vista S.....	294
A2.3.1	Formato y medio de presentación S_Medio.....	295
A2.3.2	Tipo de Interacción S_interaccion	296
A2.3.3	Estándar de presentación o entrega S_estandar	296
A2.3.4	Elementos del modelo de información de la especificación	
	S_elementosEstandar	296
A2.4	Elementos de la vista C-U.....	304
A2.4.1	Elemento DescriptorCU	304
A2.4.2	Elementos descriptores relacionados con la utilidad pedagógica (C)	306
A2.4.3	Elementos descriptores relacionados con la usabilidad de la interfaz (U) ...	314
Anexo 3	XML schema definido para las anotaciones semánticas sobre las razones de desarrollo (<i>developmentrationales.xsd</i>)	322
A3.1	XML y XML Schemas	322
A3.2	Definición de XML Schema para las anotaciones semánticas sobre las razones de desarrollo	323
A3.2.1	Elementos relacionados con el desarrollo	323
A3.2.2	Elementos comunes para las etapas de selección y composición	329
A3.2.3	Elementos relacionados la etapa de selección.....	334
A3.2.4	Elementos relacionados la etapa de composición	343
A3.2.5	Elementos relacionados la etapa de evaluación	347
A3.2.6	Elementos relacionados con las ejecuciones de rediseño	355
A3.2.7	Ejemplo de XML	357
Anexo 4	Información sobre las pruebas de evaluación	361
A4.1	Evaluación del método de desarrollo	361
A4.1.1	Prueba I: Enunciado de la práctica (P6LD2006-07)	361
A4.1.2	Prueba I: Cuestionario de evaluación.....	363
A4.1.3	Prueba II: Enunciado de la práctica (POblig2006-07)	366
A4.1.4	Prueba II: Cuestionario de evaluación.....	370
A4.1.5	Prueba III: Enunciado de la práctica (P6LD2007-08)	374
A4.1.6	Prueba III: Cuestionario de evaluación	376
A4.1.7	Prueba IV: Enunciado de la práctica (POblig2007-08).....	379
A4.1.8	Prueba IV: Cuestionario de evaluación	383
A4.2	Evaluación de expertos.....	387
A4.2.1	Cuestionario de evaluación.....	387
	Bibliografía.....	393

Índice de Figuras

Figura 1.1. La fase de desarrollo dentro del proceso de creación de los materiales didácticos	20
Figura. 4. 1. Vistas del modelo MD2	54
Figura. 4. 2. Componentes del material didáctico	54
Figura. 4. 3. Elementos de la vista Dominio de Conocimiento	57
Figura. 4. 4. Detalles del elemento <i>DC_disciplina</i>	59
Figura. 4. 5. Detalles del elemento <i>DC_listadoCompetencias</i>	60
Figura. 4. 6. Detalles del elemento <i>DC_tema</i>	63
Figura. 4. 7. Detalles del elemento <i>DC_tiempoEstimado</i>	64
Figura. 4. 8. Detalles del elemento <i>DC_durabilidad</i>	65
Figura. 4. 9. Detalles de los elementos de la vista DC	66
Figura. 4. 10. Elementos de la vista Pedagógica	67
Figura. 4. 11. Detalles del elemento <i>P_tipoMaterial</i>	68
Figura. 4. 12. Detalles del elemento <i>P_habilidades</i>	71
Figura. 4. 13. Detalles del elemento <i>P_estrategia</i>	72
Figura. 4. 14. Detalles del elemento <i>P_esfuerzoEstimado</i>	74
Figura. 4. 15. Detalles del elemento <i>P_dificultad</i>	76
Figura. 4. 17. Detalles la vista Pedagógica (P)	79
Figura. 4. 16. Detalles la vista Pedagógica (P)	79
Figura. 4. 18. Elementos de la vista de Soporte (S)	80
Figura. 4. 19. Detalles del elemento <i>S_Medio</i>	81
Figura. 4. 20. Detalles del elemento <i>S_interaccion</i>	83
Figura. 4. 21. Detalles del elemento <i>S_estandar</i>	86
Figura. 4. 22. Detalles del elemento <i>S_elementosEstandar</i>	88
Figura. 4. 23. Elemento <i>S_elementosEstandar</i> . Correspondencias para la categoría General LOM.	91
Figura. 4. 24. Elemento <i>S_elementosEstandar</i> . Correspondencias para la categoría Técnica LOM.	92
Figura. 4. 25. Elemento <i>S_elementosEstandar</i> . Correspondencias para la categoría Clasificación LOM.	93
Figura. 4. 26. Elemento <i>S_elementosEstandar</i> . Correspondencias para la categoría Educativa LOM.	95
Figura. 4. 27. Elemento <i>S_elementosEstandar</i> . Correspondencias con el modelo de información QTI.	97
Figura. 4. 28. Elemento <i>S_elementosEstandar</i> . Correspondencias con el modelo de información IMS LD para elementos <i>imsld:components</i>	103
Figura. 4. 29. Elemento <i>S_elementosEstandar</i> . Correspondencias con el modelo de información IMS LD para elementos <i>imsld:method</i>	103
Figura. 4. 30. Elemento <i>S_elementosEstandar</i> . Correspondencias con el modelo de IMS CP.	105
Figura. 4. 31. Detalles de la Vista S.	107
Figura. 4. 32. Elementos de la vista de Calidad (C-U).	113
Figura. 4. 34. Elemento Utilidad Pedagógica como instancia de los descriptores de la vista C-U	114
Figura. 4. 35. Elemento Usabilidad observada como instancia de los descriptores de la vista C-U	115
Figura. 4. 36. Instancias de los elementos de la vista U_C que facilitan la valoración de la Utilidad pedagógica	116
Figura. 4. 37. Instancias de los elementos de la vista U_C que facilitan la valoración de la Usabilidad observada.	126
Figura. 5.1. El desarrollo de materiales guiado por el método MD2	140

Figura. 5.2. La composición de un material basado en el método MD2 y empleando la estructura de presentación definida por la representación XML de la especificación IMS QTI.	162
Figura. 5.3. Composición de un material basado en el método MD2 y empleando la estructura de presentación definida por la representación XML de la especificación IMS LD (primera..	162
Figura. 5.4. La composición de un material basado en el método MD2 y empleando la estructura de presentación definida por la representación XML de la especificación IMS LD (segunda parte).	166
Figura. 5.5. Composición de un material (LO) basado en el método MD2 y empleando la estructura de presentación definida por la representación XML de la especificación IMS CP.	167
Figura. 5.6. Paso Generación de anotaciones semánticas. Flujos de información.....	177
Figura. 5.6. Paso Generación de anotaciones semánticas. Flujos de información.....	177
Figura. 6. 1. Arquitectura general de la herramienta MD2tool	195
Figura. 6. 2. Detalles de la Arquitectura de la herramienta MD2tool.	197
Figura. 6. 3. Diagrama de secuencia del desarrollo de un material didáctico utilizando MD2tool.	198
Figura. 6. 4. Prototipo de MD2tool: Implementación de Entrada de datos para el Motor de Inferencias y Módulo selección.	203
Figura. 6. 5. Prototipo de MD2tool: Implementación de Entrada de datos para el Motor de Inferencias y Módulo selección.	203
Figura. 6. 6. Prototipo de MD2tool: Implementación de Entrada de datos para el Motor de Inferencias y Módulo selección.	204
Figura. 6. 7. Prototipo de MD2tool: Implementación de Entrada de datos para el Motor de Inferencias y Módulo selección.	204
Figura. 6. 8. Prototipo de MD2tool: Implementación del módulo de selección. Resultados de la selección.	207
Figura. 6. 9. Prototipo de MD2tool: Implementación del módulo de composición.....	208
Figura. 6. 10. Prototipo de MD2tool: Implementación del módulo de composición. Visualización del material creado	208
Figura. 6. 11. Prototipo de MD2tool: Implementación del módulo de composición. Resultado de composición.	209
Figura. 6. 12. Prototipo de Eval-MD2tool: Implementación del módulo de evaluación. Resultados de evaluación.	210
Figura. 7. 1. Análisis de los resultados: Desarrollo vs. el nivel de conocimientos sobre estándar.....	246
Figura. 7. 2. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de selección: Selección de recursos.....	246
Figura. 7. 3. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de selección: Modificación de recursos.....	247
Figura. 7. 4. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de composición: Disponer de recursos y estructura.	247
Figura. 7. 5. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de composición. Diseño de estructura presentación y entrega.	248
Figura. 7. 6. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de composición: Integración.	248
Figura. 7. 7. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de composición: Visualización.	249
Figura. 7. 8. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de evaluación: Ayudas a comprobar requisitos no relacionados con el estándar.	249
Figura. 7. 9. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de evaluación: Comprobación conformidad estándar.	250
Figura. 7. 10. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Criterios para evaluar utilidad y usabilidad	250
Figura. 7. 11. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Creación de anotaciones semánticas	251
Figura. 7. 12. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Facilidades de desarrollo.	251
Figura. 7. 13. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Tiempo de desarrollo.	252
Figura. 7. 14. Análisis de resultados de la evaluación de expertos: Valoración del modelo. .	252

Figura. 7. 15. Análisis de resultados de la evaluación de expertos: Valoración del modelo II.	253
Figura. 7. 16. Análisis de resultados de la evaluación de expertos: Valoración del método.	254
Figura. 7. 17. Análisis de resultados de la evaluación de expertos: Valoración de la arquitectura.	254
Figura. A.1. 18. Arquitectura de una base de conocimiento basada en Lógica de descripciones	269
Figura. A.3. 1. Definición del Elemento desarrollo	323
Figura. A.3. 2. Definición del Elemento reutiliza	324
Figura. A.3. 3. Definición del Elemento modificaciones	329
Figura. A.3. 4. Definición del Elemento modificacion	330
Figura. A.3. 5. Definición del Elemento ObjModificado	330
Figura. A.3. 6. Definición del Elemento razon	331
Figura. A.3. 7. Definición del Elemento requisito	332
Figura. A.3. 8. Definición del Elemento acceso	333
Figura. A.3. 9. Definición del Elemento rediseño	334
Figura. A.3. 10. Definición del Elemento seleccion	335
Figura. A.3. 11. Definición del Elemento result_selec	335
Figura. A.3. 12. Definición del Elemento contenidos	336
Figura. A.3. 13. Definición del Elemento creados	337
Figura. A.3. 14. Definición del Elemento creado	338
Figura. A.3. 15. Definición del Elemento modificados	339
Figura. A.3. 16. Definición del Elemento modificado	340
Figura. A.3. 17. Definición del Elemento seleccionados	340
Figura. A.3. 18. Definición del Elemento seleccionado	341
Figura. A.3. 19. Definición del Elemento estrategia	342
Figura. A.3. 20. Definición del Elemento composicion	343
Figura. A.3. 21. Definición del Elemento result_compos	344
Figura. A.3. 22. Definición del Elemento plantilla	345
Figura. A.3. 23. Definición del Elemento cambiada	346
Figura. A.3. 24. Definición del Elemento integracion	346
Figura. A.3. 25. Definición del Elemento evaluacion	347
Figura. A.3. 26. Definición del Elemento calidad	348
Figura. A.3. 27. Definición del Elemento aspectos	349
Figura. A.3. 28. Definición del Elemento aspecto	350
Figura. A.3. 29. Definición del Elemento recomendacion	351
Figura. A.3. 30. Definición del Elemento observa	352
Figura. A.3. 31. Definición del Elemento accion	352
Figura. A.3. 32. Definición del Elemento elementoModif	353
Figura. A.3. 33. Definición del Elemento etapa	353
Figura. A.3. 34. Definición del Elemento usabilidad	354
Figura. A.3. 35. Definición del Elemento result_rediseño	355

Índice de Tablas

Tabla 1.1. Tabla comparativa de los aportes de las diferentes soluciones basadas en modelos presentadas en el Estado de la cuestión.....	47
Tabla 4.1. Valores para la composición de los elementos <i>ObjetivosEd</i> y <i>DC_listadoCompetencias</i>	61
Tabla 4.2. Descripción los diferentes tipos de materiales considerados en el elemento <i>P_tipoMaterial</i>	70
Tabla 4.3. Valores orientativos del atributo Nivel de dificultad (NivelDif) para el elemento <i>P_dificultad</i>	77
Tabla 4.4. Valores orientativos para el <i>Nivel_interaccion</i> incluido en el elemento <i>S_interaccion</i>	85
Tabla 5.1. Elementos del meta-modelo elegidos para facilitar información al método.....	144
Tabla 5.2. Relaciones entre los diferentes elementos del modelo MD2 que permiten obtener las anotaciones semánticas sobre las características del material.	178
Tabla 7.1. Resumen de las pruebas realizadas para la evaluación de la solución propuesta.....	213
Tabla 7.2. Análisis comparativo de la solución MD2 respecto a las diferentes soluciones basadas en modelos presentadas en el Capítulo Estado de la cuestión.....	221
Tabla 7.3. Resultados de la pruebas realizadas con MD2Onto y el razonador RACER.	223
Tabla 7.4. Detalles de las pruebas realizadas para la evaluación del método.	225
Tabla 8.1. Resultados de la valuación de la solución propuesta. Cumplimiento de la hipótesis de trabajo.....	261
Tabla A2. 1. Descripción general de un material empleando lógica de descripciones.	278
Tabla A.2.2. Representación del elemento <i>DC_disciplina</i> empleando lógica de descriptores.	279
Tabla A.2.3. Representación del elemento <i>DC_listadoCompetencias</i> empleando lógica de descriptores.	279
Tabla A.2.4. Representación del elemento <i>DC_tema</i> empleando lógica de descriptores.	280
Tabla A.2.5. Representación del elemento <i>DC_tiempoEstimado</i> empleando lógica de descriptores.	280
Tabla A.2.6. Representación del elemento <i>DC_durabilidad</i> empleando lógica de descriptores.	280
Tabla A.2.7. Representación del elemento <i>P_tipoMaterial</i> empleando lógica de descriptores.	281
Tabla A.2.8. Representación del elemento <i>P_habilidades</i> empleando lógica de descriptores.	281
Tabla A.2.9. Representación del elemento <i>P_estrategia</i> empleando lógica de descriptores.	282
Tabla A2.10. Descripción textual de la estrategia de aprendizaje basada en problemas.	283
Tabla A2.11. Descripción textual de la estrategia de aprendizaje colaborativo.	285
Tabla A2.12. Descripción textual de la estrategia de aprendizaje basada en proyectos.	288
Tabla A2.13. Descripción textual de la estrategia de aprendizaje basada en procedimientos.	291
Tabla A.2.14 Descripción de las relaciones del elemento <i>P_esfuerzo</i> empleando lógica de descriptores.	293
Tabla A.2.15. Representación del elemento <i>P_dificultad</i> empleando lógica de descriptores.	294

Tabla A.2.16. Representación de los elementos de la Vista P empleando lógica de descriptores.	294
Tabla A.2.17 Representación del elemento <i>S_Medio</i> empleando lógica de descriptores.	295
Tabla A.2.18. Representación del elemento <i>S_interaccion</i> empleando lógica de descriptores	296
Tabla A.2.19. Representación del elemento <i>S_estandar</i> empleando lógica de descriptores	296
Tabla A.2.20. Representación de las relaciones para obtener el valor de <i>lom:title</i> empleando lógica de descriptores	297
Tabla A.2.21. Representación de las relaciones para obtener el valor de <i>lom:lang</i> empleando lógica de descriptores	297
Tabla A.2.22 Representación de las relaciones para obtener el valor de <i>lom:aggregation level</i> empleando lógica de descriptores	297
Tabla A.2.23. Representación de las relaciones para obtener el valor de <i>lom:format</i> empleando lógica de descriptores	297
Tabla A.2.24. Representación de las relaciones para obtener el valor de <i>lom:duration</i> empleando lógica de descriptores	298
Tabla A.2.25. Representación de las relaciones para obtener el valor de <i>lom:clasification(discipline) lom:clasification(educational objectives)</i> empleando lógica de descriptores.....	298
Tabla A.2.26 Representación de las relaciones para obtener el valor de <i>lom:clasification(discipline)</i> empleando lógica de descriptores	298
Tabla A.2.27. Representación de las relaciones para obtener el valor de <i>lom:learningResourceType</i> empleando lógica de descriptores.....	298
Tabla A.2.28. Representación de las relaciones para obtener el valor de <i>lom:interactivityLevel</i> empleando lógica de descriptores.....	298
Tabla A.2.29 Representación de las relaciones para obtener el valor de <i>lom:interactivitytype</i> empleando lógica de descriptores.....	299
Tabla A.2.30. Representación de las relaciones para obtener el valor de <i>lom:interactivitytype</i> empleando lógica de descriptores.....	299
Tabla A.2.31. Representación de las relaciones para obtener el valor de <i>lom: typicalLearningTime</i> empleando lógica de descriptores	299
Tabla A.2.32 Definición del elemento Correspondencia empleando lógica de descriptores	299
Tabla A.2.33. Definición de las relaciones para definir <i>qti:item:presentation</i> empleando lógica de descriptores.....	300
Tabla A.2.34. Definición de las relaciones para definir <i>qti:item:feedback</i> empleando lógica de descriptores.....	300
Tabla A.2.35. Definición de las relaciones para definir <i>qti:item:presentation:responselid:rcardinality</i> empleando lógica de descriptores ...	300
Tabla A.2.36. Definición de las relaciones para definir <i>qti:item:presentation:responselid:rtiming</i> empleando lógica de descriptores	300
Tabla A.2.37 Definición de las relaciones para definir <i>imsld:learningdesign</i> empleando lógica de descriptores.....	301
Tabla A.2.38. Definición de las relaciones para definir <i>imsld:rol</i> empleando lógica de descriptores	301
Tabla A.2.39. Definición de las relaciones para definir <i>obtener imslid:learning-activity y imsld:support-activity</i> empleando lógica de descriptores	301
Tabla A.2.40. Definición de las relaciones para definir <i>obtener imslid:learning-activity y imsld:support-activity</i> empleando lógica de descriptores	301
Tabla A.2.41. Definición de las relaciones para definir <i>obtener imslid:learning- activity:learning-objectives</i> empleando lógica de descriptores.....	302
Tabla A.2.42. Definición de las relaciones para definir <i>obtener imslid:learning- activity:learning-objectives</i> empleando lógica de descriptores.....	302
Tabla A.2.43. Definición de las relaciones para definir <i>imsld:learning- activity:complete-activity:time-limit</i> empleando lógica de descriptores.....	302
Tabla A.2.44. Definición de las relaciones para definir <i>obtener imslid:learning- activity:complete-activity</i> empleando lógica de descriptores	302

Tabla A.2.45. Definición de las relaciones para definir obtener <i>imslid:learning-activity:on-completion:feedback-description</i> empleando lógica de descriptores	303
Tabla A.2.46. Definición de las relaciones para definir obtener <i>imslid:activity-structure</i> empleando lógica de descriptores	303
Tabla A.2.47. Definición de las relaciones para definir obtener <i>imslid:environment:learning-object</i> empleando lógica de descriptores	303
Tabla A.2.48. Definición de las relaciones para definir obtener <i>imslid:environment:service</i> empleando lógica de descriptores	303
Tabla A.2.49. Definición de las relaciones para definir obtener <i>Imslid:act</i> empleando lógica de descriptores	304
Tabla A.2.50. Definición de las relaciones para definir obtener <i>Imslid:learning-objectives</i> empleando lógica de descriptores.....	304
Tabla A.2.51. Definición de las relaciones para definir obtener <i>imslid:pre-requisites</i> empleando lógica de descriptores	304
Tabla A.2.52. Representación del elemento <i>DescriptorCU</i> y sus relaciones empleando lógica de descriptores	305
Tabla A.2.53. Representación de las instancias del elemento <i>Descriptor CU</i>	306
Tabla A.2.54. Representación de las relaciones de la instancia <i>Umbral(C_umbral)</i> ...	306
Tabla A.2.55. Representación de las relaciones de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio <i>C_riqueza</i>	307
Tabla A.2.56. Representación de las Recomendaciones para el Criterio <i>C_riqueza</i> (I)	307
Tabla A.2.57. Representación de la definición del Criterio <i>C_riqueza</i> usando lógica de descripciones.....	308
Tabla A.2.58. Representación de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio <i>C_completitud</i>	308
Tabla A.2.59. Representación de las Recomendaciones para el Criterio <i>C_completitud</i>	309
Tabla A.2.60. Representación de la definición del Criterio <i>C_completitud</i> utilizando lógica de descripciones.	309
Tabla A.2.61. Representación de los Aspectos a considerar en el Criterio <i>C_coherenciaC</i>	309
Tabla A.2.62. Representación de las Recomendaciones para el Criterio <i>C_coherenciaC</i>	310
Tabla A.2.63. Representación de la definición del Criterio <i>C_coherencia</i> usando lógica de descripciones.	310
Tabla A.2.64. Representación de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio <i>C_exactitudC</i>	311
Tabla A.2.65. Representación de las Recomendaciones para el Criterio <i>C_exactitud</i>	311
Tabla A.2.66. Representación de la definición del Criterio <i>C_exactitud</i> usando lógica de descripciones.....	311
Tabla A.2.67. Representación de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio <i>C_estructuraH</i>	312
Tabla A.2.68. Representación de las Recomendaciones para el Criterio <i>C_estructuraH</i>	312
Tabla A.2.69. Representación de la definición del Criterio <i>C_estructuraH</i> usando lógica de descripciones.	312
Tabla A.2.70. Representación de la definición del Criterio <i>C_relevancia</i> usando lógica de descripciones.	313
Tabla A.2.71. Representación de la definición del Criterio <i>C_utilidad</i> usando lógica de descripciones.....	313
Tabla A.2.72. Representación de las relaciones de <i>U_umbral</i> usando lógica de descripciones.....	314
Tabla A.2.73. Representación de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio <i>U_autoevidencia</i>	315
Tabla A.2.74. Representación de las Recomendaciones para el Criterio <i>U_autoevidencia</i>	315
Tabla A.2.75. Representación de la definición del Criterio <i>U_autoevidencia</i> usando lógica de descripciones.	315
Tabla A.2.76. Representación de las relaciones para los Aspectos a considerar en el Criterio <i>U_cantidadError</i>	316

Tabla A.2.77. Representación de las Recomendaciones para el Criterio <i>U_cantidadError</i>	316
Tabla A.2.78. Representación de la definición Criterio <i>U_cantidadError</i> usando lógica de descripciones.	316
Tabla A.2.79. Representación de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio <i>U_tiempoFam</i>	317
Tabla A.2.80. Representación de las Recomendaciones para el Criterio <i>U_tiempoFam</i>	317
Tabla A.2.81. Representación de la definición del Criterio <i>U_tiempoFam</i> usando lógica de descripciones.	318
Tabla A.2.82. Representación de las relaciones de los Aspectos a considerar en el Criterio <i>U_consistencia</i>	318
Tabla A.2.83. Representación de las Recomendaciones para el Criterio <i>U_consistencia</i>	319
Tabla A.2.84. Representación de la definición del Criterio <i>U_consistencia</i> usando lógica de descripciones.	319
Tabla A.2.85. Representación de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio <i>U_facilUso</i>	319
Tabla A.2.86. Representación de las Recomendaciones para el Criterio <i>U_facilUso</i> ..	320
Tabla A.2.87. Representación de la definición del Criterio <i>U_facilUso</i> usando lógica de descripciones	320
Tabla A.2.88. Representación de la definición del <i>U_relevancia</i> usando lógica de descripciones.	321
Tabla A.2.89. Representación de la definición del <i>U_usabilidadObservada</i> usando lógica de descripciones.	321

Capítulo 1 Introducción

1.1 Contexto

El desarrollo acelerado de la Informática y las Telecomunicaciones (IT) y la constante aplicación de sus avances tienen una influencia extraordinaria en todas las áreas de la sociedad en que vivimos. La Educación es una de las áreas en las que esta influencia se viene observando con mayor fuerza en los últimos años. La introducción de los avances de IT en la Educación ha recibido el nombre de *e-Learning* o Tele-formación, y se ha definido como cualquier proceso de aprendizaje, entrenamiento o educativo soportado por el uso de tecnologías de computación probadas y ampliamente conocidas, especialmente aquellas relacionadas con Internet y las redes de ordenadores.

Estas nuevas tecnologías facilitan los medios necesarios para integrar los procesos de enseñanza y aprendizaje en cada faceta de la vida de los individuos, promocionando la educación a lo largo de toda la vida y ayudando a la globalización de la educación [49]. Los avances en IT ponen a disposición del proceso educativo un conjunto de herramientas de comunicación que ayudan a eliminar los efectos de la dispersión geográfica de los participantes en el proceso educacional y de la asincronía que esta dispersión pudiera provocar en el desarrollo de sus actividades [94].

Gracias a *e-Learning* se ha dado un importante paso en la evolución y adaptación de la educación a los tiempos que vivimos a través de la digitalización de los materiales didácticos tradicionales. Esta digitalización amplía las capacidades de comunicación y presentación de unos materiales didácticos que pueden ser representados a través de demostraciones, simulaciones y animaciones utilizando técnicas multimedia e interactivas, mejorando así, por parte de los discentes la comprensión de la información o conocimiento representado. Otras importantes ventajas de *e-Learning* radican en el aumento de la flexibilidad en el uso de los materiales didácticos y la posibilidad de soporte a diferentes metodologías y estrategias pedagógicas, la optimización del uso de recursos educativos, la mejora del trabajo individual de los estudiantes y aprendices, así como el enriquecimiento de sus relaciones con los docentes y el desarrollo de actitudes en los discentes como la responsabilidad y el espíritu de trabajo en equipo [94].

Pero todas estas oportunidades no podrán ser aprovechadas de forma eficiente si no se dispone de materiales didácticos con tales capacidades ni con herramientas de autoría que permitan desarrollar dichos tipos de materiales didácticos. Es preciso destacar que la creación de materiales didácticos no consiste simplemente en digitalizar los materiales didácticos tradicionales sino que incluye soluciones de

creación que toman en consideración aspectos pedagógicos, tecnológicos y organizativos de tal forma que los materiales creados sirvan de soporte a un proceso educativo bien formado [69]. Entendemos por proceso educativo bien formado, aquel en el que es posible satisfacer los múltiples requisitos pedagógicos, tecnológicos y organizativos de una determinada situación instructiva.

La creación es un proceso intensivo y complejo, de un marcado carácter multidisciplinario en el que participan profesionales con diversos perfiles, experiencias y puntos de vista sobre cómo deben ser y cómo deben crearse los materiales didácticos. Estos participantes pueden ser proveedores de contenidos o expertos en la temática sobre la que versan los materiales, tutores, profesores, diseñadores gráficos, diseñadores instructivos, especialistas en Pedagogía y algunas ocasiones, los propios estudiantes. Los perfiles de los participantes están determinados por las diversas disciplinas involucradas en el proceso de creación, como la Ingeniería del Software, Ingeniería del Conocimiento o la Ingeniería Instructiva.

Dada la importancia del proceso de creación y su complejidad es preciso contar con un soporte efectivo para su realización. Es por ello que desde la perspectiva de la Ingeniería Instruccional y de los modelos de Diseño de Sistemas Instructivos (Instructional Systems Design models), como ADDIE [85], Dick & Carey [33; 34] o Kemp [67], el proceso de creación se ha dividido en un conjunto de fases bien diferenciadas: el análisis de requisitos, el diseño, el desarrollo o implementación y la evaluación [35; 117; 107; 86]. Dada la complejidad de estas fases, cada una de ellas necesita de soporte especializado. Las iniciativas relacionadas con el Diseño Instructivo como el método MISA (Instructional Engineering Method) [105] ofrecen soluciones para las fases de análisis de requisitos y diseño, facilitando información que permite seleccionar qué tipo de estrategia pedagógica es más conveniente para una determinada situación instructiva, definiendo qué tipo de contenidos son necesarios para alcanzar ciertos objetivos educativos, qué formato de entrega es mejor para cada situación además de guías para el desarrollo e implementación de los materiales didácticos.

Precisamente el interés de nuestro trabajo de investigación, que este documento describe, está en buscar soluciones para la fase de desarrollo o implementación de materiales cubriendo el espacio dejado por MISA y que no ha sido abordado por otras soluciones. En esta área, es importante destacar los resultados recientes de investigaciones relativas a los estándares y especificaciones *e-Learning*. Gracias a ellos, es posible contar con medios y guías de prescripción que permitan la interoperabilidad de los materiales entre sistemas heterogéneos (CPIM [55]; SCORM [112]), el cumplimiento adecuado de las normas y derechos de la propiedad intelectual (IMS LRMDI [60]) para el acceso a tales materiales, además de asegurar su capacidad de gestión y personalización (IMS LIP [59]) así como la flexibilidad necesaria para que sea posible la composición e integración de estos materiales en otros nuevos (IMSLD [56], IMS QTI [61]).

La necesidad de herramientas de autoría también ha sido objetivo de diversos esfuerzos de investigación durante los últimos años. Como resultado de tales esfuerzos es necesario destacar herramientas como: RELOAD [108], CopperAuthor [49], Aloha [7] y OLAT QTI Editor [90]. Estas herramientas tienen en común la implementación técnica y exitosa de los siguientes estándares o especificaciones *e-Learning*: IMS LD, IMS LOM, IMS QTI o ADL SCORM. La disponibilidad de estas herramientas representa un importante paso de avance en la asistencia o ayuda a la fase de desarrollo del proceso de creación, puesto que se asegura la interoperabilidad de los materiales resultantes, su accesibilidad y capacidad de personalización. Desafortunadamente por su diseño, estas herramientas son adecuadas para un segmento muy pequeño del amplio espectro de sus posibles usuarios: aquellos profesionales con avanzados conocimientos técnicos sobre los estándares *e-Learning*. Por otra parte, durante el desarrollo aparecen cuestiones que dichas herramientas no son capaces de resolver tales como: dónde localizar los contenidos más apropiados para el material que se está desarrollando, cómo recuperar dichos contenidos, cuáles son los criterios más indicados para seleccionar los contenidos, cuándo y cómo controlar la coherencia, completitud y precisión de los contenidos seleccionados, cómo asegurar el carácter reutilizable del material tomando en cuenta la naturaleza reutilizable de sus componentes y considerando la importancia de disponer de anotaciones semánticas no sólo sobre las propiedades del material sino también acerca de las razones y justificaciones de su desarrollo (*development rationales*), de manera que sea posible la localización y recuperación y reutilización del material en situaciones instructivas similares.

Estos son algunos de los problemas no resueltos que hemos encontrado durante el análisis que hemos realizado sobre el soporte técnico existente al desarrollo de materiales didácticos para *e-Learning*. Si se considera que en el desarrollo de los materiales didácticos se deben tomar en cuenta requisitos que en muchas ocasiones son desconocidos para algunos de los participantes en el proceso debido a la disparidad de sus perfiles y experiencias, entonces, la utilización de modelos que describan las características generales de los materiales como sus requisitos temáticos, pedagógicos, de soporte técnico y de calidad, tiene un potencial interesante como soporte a métodos de desarrollo que reduzcan la sobrecarga cognitiva de los participantes en el desarrollo y faciliten los medios para que dichos participantes puedan ser correctamente guiados a lo largo de esta fase del proceso de creación [95]. La utilización de modelos facilita la representación de los materiales de forma que el proceso educativo sea provisto de principios y estrategias adecuadas para su desarrollo armónico [69]. Además, gracias a este tipo de métodos también es posible implementar guías, reglas y mecanismos que conformen marcos de desarrollo y aseguran soluciones efectivas, sistemáticas y racionales al desarrollo de los materiales didácticos. Como resultado de este análisis surge la motivación de nuestra investigación centrada en la definición de un marco de desarrollo que facilite soluciones sistemáticas y racionales a

los problemas encontrados en el soporte a la fase de desarrollo de los materiales didácticos.

1.2 Metodología de investigación

El procedimiento que se ha empleado para llevar a término esta tesis está compuesto por los siguientes pasos de acuerdo con la metodología propuesta en [111].

1. Determinación del problema
 - a. Definición del contexto de la investigación y la motivación para desarrollar una solución al problema.
 - b. Descripción de un estado de la cuestión sobre el dominio de conocimiento del problema y de las soluciones propuestas con anterioridad.
 - c. Formulación del problema de manera concreta y explícita.
2. Formulación de la hipótesis de trabajo
 - a. Definición de los objetivos principales a alcanzar a través de la realización de este trabajo.
 - b. Diseño de una solución basada en la hipótesis de trabajo que pueda ser evaluada analítica y empíricamente.
3. Evaluación de la hipótesis de trabajo
 - a. Selección de casos de estudio para validar la hipótesis.
 - b. Definición de los criterios de evaluación.
 - c. Definición de los procedimientos de evaluación y planificación de las tareas para validar la solución diseñada utilizando los casos de estudio seleccionados.
4. Análisis de los resultados de la evaluación
 - a. Presentación de las conclusiones utilizando los resultados de la evaluación realizada. Análisis comparativo con los objetivos definidos en la hipótesis (2a).
 - b. Generalización de los resultados y análisis de la aplicabilidad y validez de la solución a otros dominios de conocimiento.

1.3 Estructura del documento

Una vez que hemos introducido la motivación de nuestro trabajo de investigación y hemos identificado cuáles son los problemas más significativos en el área de desarrollo de materiales didácticos para *e-Learning*, el presente documento que resume el trabajo de esta tesis doctoral se ha estructurado de la siguiente forma:

- Capítulo 1. Introducción. Es el presente capítulo, en él se expone brevemente el contexto en el que se sitúa nuestra investigación, se presenta el desarrollo

basado en modelos como una opción válida para resolver los problemas relativos al desarrollo de materiales didácticos y se describe la metodología utilizada en la realización de esta tesis.

- Capítulo 2. Estado de la cuestión. Ese capítulo está dedicado a presentar los elementos claves del dominio del problema que se pretende solucionar a través de un breve análisis del desarrollo de los materiales didácticos en el contexto de *e-Learning*, de las soluciones basadas en modelos y de las ontologías como medio de representar, compartir y procesar el conocimiento sobre los materiales didácticos.
- Capítulo 3. Planteamiento del problema. Es el capítulo en el que se define el problema que se pretende resolver, la hipótesis de trabajo para solucionar dicho problema, los objetivos que nos proponemos alcanzar y se presenta un resumen de las posibles aportaciones de nuestro trabajo.
- Capítulo 4. Solución propuesta. Definición del meta-modelo MD2. Es el primero de una serie de tres capítulos dedicados a presentar en profundidad la solución propuesta por nuestra hipótesis de trabajo para resolver la problemática del soporte al desarrollo de materiales didácticos explicada en el capítulo 3. Este capítulo describe en detalle el meta-modelo en el que se definen las características fundamentales sobre los componentes del material, los requisitos para su desarrollo y para el control de su utilidad pedagógica y usabilidad.
- Capítulo 5. Solución propuesta. Definición del método de desarrollo MD2. Es el segundo de los capítulos dedicados a describir el marco de desarrollo propuesto por nuestra hipótesis de trabajo. En él se presenta detalladamente el método MD2 que, utilizando la información proporcionada por el modelo, define guías y mecanismos para ayudar al desarrollador en las diferentes etapas del desarrollo del material didáctico: selección, composición y evaluación.
- Capítulo 6. Solución propuesta. Definición la arquitectura de la herramienta de autoría. Es el último de la serie de capítulos dedicados a presentar detalladamente la solución propuesta por nuestra hipótesis de trabajo. En este capítulo se describe la arquitectura de una herramienta de autoría de carácter generativo, basada en el método MD2, que permitirá la implementación del marco de desarrollo propuesto.
- Capítulo 7. Evaluación. El propósito de este capítulo es la definición de las pruebas de la evaluación llevadas a cabo para comprobar la consecución de los objetivos planteados en el capítulo 3. El contenido de este capítulo incluye la descripción y análisis de los resultados obtenidos en cada una de las pruebas de evaluación realizadas.
- Capítulo 8. Conclusiones. Este capítulo, de acuerdo con la metodología de investigación empleada, se dedica a exponer las conclusiones de nuestro trabajo a partir del análisis comparativo de los resultados obtenidos en las pruebas de

evaluación con la hipótesis de trabajo. Además, se presentan las aportaciones de este trabajo de tesis, se analiza la aplicabilidad y validez de la solución a otros dominios y las líneas futuras de investigación.

- **Bibliografía.** Se presenta un listado de toda la literatura empleada para la creación de este documento y que incluye las referencias más importantes en el dominio del problema.

Capítulo 2 Estado de la cuestión

En este capítulo se describe el estado de la cuestión relativo al desarrollo de los materiales didácticos. Con ese objetivo se realiza un análisis de los elementos de mayor interés para nuestra investigación, es decir, los propios materiales, la fase de desarrollo dentro su proceso de creación y las herramientas software que permiten llevar a término dicho desarrollo. Primeramente se presentan tres conceptos importantes que serán frecuentemente mencionados a lo largo de todo el trabajo: el diseño instructivo, las estrategias pedagógicas y las técnicas didácticas. A continuación se presenta la definición de materiales didácticos que se ha adoptado en la investigación a partir de una interpretación constructivista del proceso de enseñanza y aprendizaje en la que los materiales didácticos son algo más que contenidos o recursos educativos, sino que son más bien la combinación de estos recursos con una determinada estrategia pedagógica que permite guiar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Se realiza un breve análisis de las definiciones de los componentes fundamentales del material didáctico según esta interpretación: los contenidos en forma de objetos de aprendizaje y las estrategias pedagógicas representadas a través de las unidades de aprendizaje. Se examinan además, cuáles son las características más importantes que debe poseer un material didáctico para servir de soporte efectivo al proceso de enseñanza y aprendizaje, y en función de ellas, se exploran qué perspectivas deben considerarse durante la fase de desarrollo para asegurar la obtención de dichas propiedades, enfatizando la importancia de cada una de las etapas que conforman el desarrollo. Se presentan algunas de las especificaciones y estándares más importantes sobre *e-Learning*, su influencia en el desarrollo de los materiales y en la obtención de su interoperabilidad y reutilización. Se analizan, además, las herramientas de autoría, sus componentes fundamentales, su importancia y algunas de las soluciones actuales a la problemática del desarrollo de materiales didácticos.

2.1 Concepto de material didáctico

Antes de presentar la definición de material didáctico adoptada en nuestro trabajo, creemos que es importante explicar tres conceptos que guardan una estrecha relación con el material didáctico. Estos elementos son el diseño instructivo, las estrategias pedagógicas y las técnicas didácticas.

El diseño instructivo es el proceso sistemático que traduce los principios generales de enseñanza y aprendizaje permitiendo llevar a cabo el esbozo de una estrategia pedagógica considerando una determinada técnica didáctica acorde con una situación instructiva específica [8; 119].

Una estrategia es, en el sentido más estricto, un procedimiento organizado, formalizado y orientado a alcanzar una meta explícitamente definida. En el entorno que nos ocupa, una estrategia pedagógica es básicamente la definición de rutas de aprendizaje basadas en la organización de ciertos contenidos, el planteamiento de actividades que deben llevar a cabo los estudiantes utilizando tales contenidos, las tareas de asistencia y soporte a estas actividades por parte de los docentes, así como el establecimiento de evaluaciones de acuerdo con la técnica didáctica que más se ajusta a una determinada situación instructiva [29]. La organización de los contenidos, permite explicar y facilitar la exploración de la información de forma que se motive al estudiante. La preparación o definición de actividades proporciona una variedad de retos y permite la interacción del estudiante con el material y entre estudiantes, para facilitar la adquisición de competencias o sea, de habilidades, conocimientos y actitudes. Mientras las tareas de asistencia y soporte a dichas actividades se lleva a cabo empleando aquellos medios que permitan la comunicación entre los docentes y discentes para motivar, guiar y enriquecer el proceso de aprendizaje. Por su parte, el establecimiento de evaluaciones permite controlar el progreso o evolución de las competencias que se desean alcanzar, así como obtener evidencias del logro de tales competencias. Por ejemplo una estrategia para lograr el aprendizaje a nivel de conocer y aplicar a diferentes situaciones prácticas la Estructura de Datos Pila, empleando la técnica de aprendizaje basado en problemas se propondrá al estudiante realizar un conjunto de actividades como el estudio de un conjunto de documentos web en los que se explica el concepto de Pila, cómo se define el Tipo Abstracto de Datos Pila (TAD) y algunas posibles aplicaciones de la estructura. Se les pedirá como segunda actividad que implementen en un lenguaje de programación determinado las operaciones definidas en el TAD Pila y como tercera actividad deberán solucionar, aplicando lo aprendido en las actividades anteriores, un problema sobre cómo gestionar el almacenamiento en un navegador web de las últimas páginas visitadas, cuya solución deberá emplear la implementación de una pila en la que se guardan las urls de las páginas visitadas. En cada una de las actividades los estudiantes tendrán disponibles herramientas de comunicación como foros y chats para consultas al profesor, aclaraciones de dudas e intercambiar experiencias con sus compañeros. Por último se realizará una evaluación, con el objetivo de valorar si se han alcanzado las competencias requeridas, en la que se propone a los estudiantes realizar una aplicación que tenga como entrada una expresión algebraica y que como resultado muestre dicha expresión utilizando la notación postfija.

Una técnica didáctica es un procedimiento que se presta a ayudar a realizar una parte o todo el aprendizaje que se persigue con la estrategia. Las técnicas didácticas, también conocidas como metodologías activas [103], son procedimientos lógicos, con fundamentos psicológicos que facilitan orientar el aprendizaje de los discentes [76]. De acuerdo con la visión constructivista del proceso de enseñanza y aprendizaje existe un amplio espectro de técnicas didácticas, entre ellas: el Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) [20], el Aprendizaje Colaborativo (CL)[26], el Aprendizaje orientado a Proyectos (POL) [124] o el Método de Casos (MOC)[39].

Los materiales didácticos son diferentes tipos de elementos digitales (o no) que asisten a los actores del proceso de enseñanza y aprendizaje y les permiten alcanzar sus objetivos [95]. En esta investigación, se ha considerado la siguiente interpretación sobre la definición de materiales didácticos: “son la conjunción de una colección de contenidos, en forma de objetos de aprendizaje con una estrategia pedagógica, definida por un diseño instructivo que sirve de guía durante el proceso educativo”. Esta interpretación del concepto de material didáctico es el resultado de considerar el proceso de enseñanza y aprendizaje desde una visión constructivista [130; 45; 42] que entiende el aprendizaje como un proceso activo basado en las experiencias obtenidas de entrelazar los objetivos, los contenidos y el contexto y que establece, además, que la motivación para aprender se origina en la resolución de conflictos cognitivos. De acuerdo con esta visión, el aprendizaje tiene una naturaleza personal, porque el estudiante aprende a partir de las ideas que se construyen en su cerebro mediante la utilización de ciertos recursos y contenidos, generalmente guiado o apoyado por la intervención de sus tutores o profesores. Por lo tanto se considera que el conocimiento no está embebido en los recursos o contenidos si no que los estudiantes le obtienen a través de la realización de ciertas actividades, individuales o colectivas que han sido diseñadas según una estrategia pedagógica empleando ciertas técnicas didácticas.

De acuerdo con la interpretación presentada del concepto de material didáctico, sus componentes fundamentales se resumen en dos definiciones ampliamente conocidas en el dominio de *e-Learning*: los objetos de aprendizaje reutilizables y las unidades de aprendizaje.

En primer lugar centraremos en la atención en la definición de objeto de aprendizaje, puesto que existen diversas definiciones sobre qué es un objeto de aprendizaje:

- Algunas son demasiado generales como la que proporciona IEEE: “*un objeto de aprendizaje es una entidad digital o no, que puede ser usada, reutilizada o referenciada durante el proceso educativo soportado por las tecnologías*” [52].
- Otras definiciones enfatizan más en el carácter digital del objeto de aprendizaje como la presentada por Willey en [132] “*Cualquier recurso digital que puede ser reutilizado como soporte del aprendizaje*”.
- La definición de Shepherd en [115] es un poco más precisa y explica que “*un objeto de aprendizaje es un componente digital reutilizable que puede ser selectivamente empleado, solo o como parte una combinación de componentes, por herramientas software, personal académico o los discentes para suplir sus necesidades en el proceso educativo*”.
- Mientras que los objetos de aprendizaje según Polsani se definen como “*unidades independientes y auto-contenidas de carácter didáctico con predisposición a ser reutilizadas en múltiples contextos instructivos. El término “objeto de aprendizaje” generalmente se aplica a los materiales educativos diseñados y creados con un tamaño que permita lograr el propósito de maximizar el número de situaciones instructivas en las que el recurso puede ser utilizado*” [106].

- Hummel et al en [49] definen objetos de aprendizaje tomando en consideración la anterior definición como *“cualquier recurso digital, reproducible y localizable empleado en el proceso de enseñanza y-aprendizaje, como soporte a alguna de las actividades desarrolladas en dicho proceso y que además puede ser utilizado en otras situaciones educativas”*

A pesar de la diversidad de definiciones, en nuestro trabajo se ha utilizado una interpretación de la anterior propuesta junto a las enunciadas por Shepherd y Polsani, puesto que profundizan en tres de las propiedades deseables de un objeto de aprendizaje, su carácter digital, localizable y reutilizable. En consecuencia, los objetos de aprendizaje son considerados en nuestro trabajo como componentes digitales que pueden ser selectivamente empleados, solos o formando una combinación de componentes, por herramientas software, el personal docente o los discentes para suplir sus necesidades durante el proceso educativo. En el diseño de estos objetos y su creación se asegurará su carácter auto-contenido, además de que posean información semántica adecuada para permitir su localización y su potencial reutilización en diferentes situaciones instructivas.

En el caso de las unidades de aprendizaje, existe un mayor consenso puesto que su definición es mucho más clara y se deriva de especificación IMS LD [56] y por tanto, es la definición que hemos empleado en este trabajo. En la especificación, las unidades de aprendizaje son representaciones de las estrategias pedagógicas y se definen como *“diversos grupos de actividades prescriptas, que se basan en la utilización de un conjunto determinado de contenidos (en forma de objetos de aprendizaje) permitiendo que los estudiantes o aprendices alcancen determinados objetivos de aprendizajes (adquisición de conocimientos, habilidades, competencias y/o actitudes) durante el proceso educativo. Dentro de las unidades de aprendizaje también incluyen actividades de evaluación del proceso de aprendizaje y aquellas actividades de soporte desarrolladas por los profesores, entrenadores y demás personal académico.”*

Es importante destacar que en la definición que utilizamos en nuestro trabajo: *“los materiales didácticos son la conjunción de una colección de contenidos, en forma de objetos de aprendizaje con una estrategia pedagógica, definida por un diseño instructivo y en forma de unidades de aprendizaje, que sirve de guía durante el proceso educativo”*, se hace énfasis en el hecho de que la función fundamental de los materiales es promover y servir de soporte al aprendizaje tomando en consideración que *e-Learning* o la educación soportada por las tecnologías debe guiarse según principios pedagógicos y que si no se presta atención a la esencia del proceso educativo, la interoperabilidad y reutilización de los objetos de aprendizaje no tiene ningún sentido. Otro aspecto importante a señalar es la utilización de la web como plataforma por excelencia para el desarrollo del proceso educativo en *e-Learning*, por tal motivo los materiales didácticos con los que trabajaremos se consideran sistemas hipertexto tipo web.

2.2 Estándares y especificaciones de e-Learning

El movimiento de *e-Learning* ha marcado un hito en el desarrollo reciente de la educación con influencias que han propiciado cambios importantes en el enfoque pedagógico y la forma en que la tecnología es utilizada como soporte del proceso de enseñanza y aprendizaje [20]. Estos esfuerzos se han centrado entre otros aspectos, en dos importantes elementos: la interoperabilidad y la reutilización considerados como claves para hacer del *e-Learning* una solución efectiva. Gracias a la interoperabilidad se hace viable que un mismo material didáctico o escenario educativo puede ser utilizado por diversas herramientas independientemente de la tecnología empleada en estas herramientas; mientras que la reutilización favorece la flexibilidad de los materiales y facilita la creación de nuevos materiales o escenarios a partir de contenidos y materiales existentes. Persiguiendo este objetivo, iniciativas y organizaciones como IEEE-LTSC [51], IMS-GLC, [54]; ADL, [6]) se han encargado de la definición y establecimiento de muchas de las actuales especificaciones y estándares de tecnología educativa.

Antes de presentar algunas de las especificaciones más importantes y que se han considerado para nuestro trabajo, es conveniente que definamos las diferencias entre estándares y especificaciones. Un estándar es un método, tecnología o formato de carácter nacional o internacional, que ha sido documentado en detalle y que es comúnmente aceptado y respaldado por organizaciones internacionales de estandarización como ISO (*International Standards Organisation*), CEN (*European Centre of Normalization*), IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) o cualquier organización reconocida en el área de estandarización. Por su parte, una especificación es la definición de un método, tecnología o formato, también de carácter nacional o internacional, cuya definición y establecimiento es realizado por una compañía u organización que es comúnmente aceptado pero que no ha sido reconocido por las organizaciones internacionales de estandarización. Generalmente las especificaciones son el estado previo a los estándares. En algunos casos, éstas son adoptadas ampliamente en la práctica y se aceptan como estándar de facto, es decir, que se reconocen como un estándar esencial aunque no tengan un estatus formal de estándar.

Sin ánimo de ser exhaustivos, algunas de las especificaciones y estándares más importantes se resumen en los siguientes:

- IMS Learning Resource Meta-data Information (e.g. IMS-LRMDI [60], IEEE LOM [53])
- IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective (IMS-RDCE [62])
- IMS Learner Information Package Specification (IMS LIP [59])
- IMS Question & Test Interoperability (IMS QTI [61])
- IMS Simple Sequencing (IMS SS [63])
- IMS Content Packaging (IMS-CPIM [55])
- ADL Shareable Content Object Reference Model (ADL SCORM [112])
- IMS Learning Design (IMS LD [56])

A continuación presentamos cada una de estas especificaciones más detalladamente.

2.2.1 Especificación IMS Learning Resource Meta-data

La especificación IMS Learning Resource Meta-data (IMS-LRMDI) [60] ha sido aprobada como parte del estándar IEEE Learning Object Metadata (IEEE LOM) [53]. En IEEE LOM se define un conjunto de metadatos, clasificados en nueve categorías:

- General,
- Ciclo de vida (*Lifecycle*),
- Derechos (*Rights*),
- Relaciones (*Relation*),
- Técnica (*Technical*),
- Educativa (*Educational*),
- Clasificación (*Classification*),
- Anotaciones (*Annotation*).

Gracias a estos meta-datos se pueden describir las diferentes características de los materiales didácticos haciendo posible que se localicen, seleccionen, compartan, gestionen, intercambien, favoreciendo su reutilización en diferentes situaciones instructivas o dominios de conocimiento y permitiendo el cumplimiento de los derechos de propiedad intelectual de sus autores.

2.2.2 Especificación IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective

La especificación IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective (IMS-RDCE) [400] permite definir objetivos de aprendizaje y competencias para expresar las habilidades que deben adquirirse durante un proceso educativo. Esta especificación proporciona los medios para crear una interpretación común de las competencias que aparecen como parte de los planes de aprendizaje o los planes de estudio (currícula) de las titulaciones universitarias como requisitos o como resultados educativos. El modelo de información de esta especificación puede utilizarse para el intercambio de dichas definiciones entre sistemas de gestión de aprendizaje, sistemas de recursos humanos o repositorios de competencias. IEEE/LTSC ha recibido la autorización del consorcio IMS para utilizar esta especificación como base para la definición del estándar de competencias de IEEE.

2.2.3 Especificación IMS Learner Information Package

La especificación IMS Learner Information Package (IMS LIP) [59] permite la definición de perfiles de información para cada estudiante y facilita el intercambio de esta información entre diferentes sistemas de gestión de aprendizaje o LMS (*Learning Management Systems*).

Estos perfiles permiten guardar los datos relativos al estudiante y a su desempeño durante el desarrollo de los diferentes procesos educativos en los que está (o ha estado) involucrado. Estos

últimos pueden incluso utilizarse como sustitutos de los certificados emitidos en papel. En relación con la información personal del estudiante, se puede almacenar las preferencias y estilos de aprendizaje, que en algunos casos, como los de estudiantes con necesidades especiales pueden ser utilizados para la personalización de su aprendizaje.

2.2.4 Especificación IMS Question & Test Interoperability

La especificación IMS Question & Test Interoperability (IMS QTI) [61] permite definir los artefactos o instrumentos para evaluar el desarrollo del aprendizaje y la gestión de sus resultados. Gracias a esta especificación se puede compartir la información de evaluación como preguntas, evaluaciones tipo test y sus resultados son definidos de una forma clara y están representados en formato XML. De tal forma que se facilita el intercambio de la información sobre las preguntas y los resultados de cada estudiante entre diferentes herramientas y sistemas de gestión de aprendizaje, así como la creación de bancos de preguntas para ponerlos a disposición de otros usuarios o sistemas. Además, los participantes en el proceso de enseñanza y aprendizaje, docentes y discentes, pueden importarlos y exportarlos con el fin de alcanzar sus objetivos durante el proceso educativo. Por ejemplo, los desarrolladores de materiales didácticos pueden crear sus propias preguntas y tests o incluir dentro de sus tests preguntas diseñadas por otros desarrolladores. Considerando estas ventajas, esta especificación será considerada en nuestro trabajo para el desarrollo de materiales didácticos cuyo objetivo sea la evaluación un determinado proceso educativo.

2.2.5 Especificación IMS Content Packaging

La especificación IMS Content Packaging (IMS-CPIM) [55] proporciona la funcionalidad necesaria para describir y empaquetar los recursos y contenidos de un determinado material, de forma que se asegure la posibilidad de distribuir e intercambiar estos paquetes entre sistemas heterogéneos (interoperabilidad). Con este objetivo define un fichero de manifiesto (imsmanifest.xml) en el que se describe la estructura del material. Los elementos fundamentales de un fichero de manifiesto son los que siguen:

- *Organizations*: en esta sección se describe la estructura del material en forma de una jerarquía o taxonomía para el aprendizaje y contiene además una sub-sección de metadatos.
- *Metadata*: Son sub-secciones que pueden incluirse en las secciones de *Organizations*, *Resources* o a nivel general de todo el fichero manifiesto. Estas sub-secciones contienen información descriptiva de la sección correspondiente utilizando el estándar LOM, de manera que se facilita la localización del material y su posible reutilización.
- *Resources*: Sección que contiene una colección de todos los ficheros referenciados en varios puntos de la sección *Organizations*, permitiendo de esta forma asociar la estructura

con los contenidos. Los recursos o ficheros que aparecen listados en esta sección pueden ser locales al manifiesto o en caso de ser externos aparecen referenciados utilizando su correspondiente url.

La especificación define además que el fichero de manifiesto y todos los ficheros declarados como recursos locales en la sección *Resources* del manifiesto se incluyen en un paquete en formato .zip, denominado paquete de contenidos, facilitando de esta forma la distribución e intercambio del material contenido en el paquete.

La especificación IMS Content Packaging ha sido una de las especificaciones más adoptada por la comunidad de *e-Learning* y se utiliza conjuntamente con otras especificaciones como IMS SS, IMS LD, IMS QTI o ADL SCORM.

2.2.6 Especificación IMS Simple Sequencing

La especificación IMS Simple Sequencing (IMS SS) [63] define la representación del comportamiento de una experiencia educativa de tal forma que los sistemas de gestión de aprendizaje (LMS) puedan implementar una determinada secuencia de actividades educativa de forma consistente. Bajo este principio, la especificación es utilizada para definir reglas que determinan cómo el estudiante debe navegar e interactuar con un determinado contenido. Es posible establecer, además, recorridos alternativos sobre una colección de contenidos como respuesta a determinadas interacciones de los discentes.

Esta especificación proporciona formas de enlazar el comportamiento definido con los contenidos asociados a través de incrustaciones dentro del elemento Organization del fichero de manifiesto (imsmanifest.xml) de un paquete de contenidos definido según la especificación Content Packaging. Esta facilidad ha sido aprovechada por la especificación IMS LD para integrar las secuencias en las unidades de aprendizaje.

2.2.7 ADL Shareable Content Object Reference Model

El modelo de referencia de objeto de contenidos compartidos (ADL SCORM) [112] forma parte de la estrategia establecida por la iniciativa Advanced Distributed Learning (ADL). Este modelo define el aprendizaje basado en la utilización de la web (web-based Learning) a partir de dos componentes:

- El Modelo de Agregación de Contenidos (*Content Aggregation Model* -CAM) es utilizado para definir cómo deben agregarse, describirse los objetos de aprendizaje y la manera de establecer una secuencia de interacciones con los objetos definidos.
- El Entorno de ejecución para los objetos de aprendizaje (*Run-Time Environment*- RTE) define las directrices para que se pueda realizar la comunicación en tiempo de ejecución y el almacenamiento de los datos de la interacción del estudiante con el objeto de aprendizaje.

En SCORM se han adoptado un conjunto de especificaciones como LOM; IMS CP de forma que ofrece un marco de ejecución en el que se asegura la interoperabilidad, la localización y reutilización de los contenidos educativos en formato web.

Es importante destacar que SCORM es una especificación diseñada originalmente por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos para el entrenamiento del personal de sus instituciones, de ahí que consideraciones pedagógicas subyacentes en el modelo reflejan las prácticas pedagógicas de dichas instituciones y que sólo pueda utilizarse para la implementación de estrategias pedagógicas basadas en técnicas didácticas como el Aprendizaje Guiado [103]. La reutilización de los objetos de aprendizaje creados empleando SCORM, solo puede realizarse en aquellas situaciones en las que se emplee la misma estrategia y es necesario además un análisis detallado de la estructura de estos objetos porque la estrategia pedagógica está “cableada” entre los contenidos a través de las directivas de IMS SS. Por otra parte, la manera en que SCORM permite definir los procesos instructivos no ha tenido en consideración la comunicación e interacción entre los estudiantes, por lo que no es posible utilizarle para definir procesos educativos de carácter colaborativo. A pesar de estas dificultades, este modelo ha sido ampliamente acogido por los proveedores comerciales en la producción a gran escala de objetos de aprendizaje, básicamente por dos razones: aún se sigue considerando que el conocimiento está en los contenidos y se ha prestado poca atención al diseño de actividades que favorezcan el desarrollo de habilidades, actitudes, además de la adquisición de conocimientos. La segunda razón, es que las directrices para implementar los entornos de ejecución (RTE) basados en SCORM están presentadas de forma muy clara, que facilita el desarrollo de estos entornos y además ADL pone a disposición de los desarrolladores de estos entornos un prototipo de alto nivel a partir del cual se puede continuar el desarrollo.

2.2.8 Especificación IMS Learning Design

En los últimos años viene observando una transición de la atención desde los objetos de aprendizaje hacia las unidades de aprendizaje. El movimiento alrededor de los objetos de aprendizaje nace de la necesidad de contar con materiales que sean interoperables y reutilizables con el objetivo de disminuir los costes de creación, pero no se tomaban en cuenta de forma explícita factores como la variedad de estrategias pedagógicas que dan sentido al proceso educativo y que al ser consideradas potencian la posibilidad de emplear los objetos de aprendizaje en diversas situaciones instructivas sin necesidad de crear objetos específicamente para cada situación, es decir, una reutilización más completa.

La especificación *IMS Learning Design* (IMS LD) [56] se centra en la descripción de cualquier estrategia didáctica que puede ser aplicada a la estructura organizativa de planes de aprendizaje, cursos o actividades de aprendizaje, facilitando su disponibilidad y ejecución on-line en forma de unidades de aprendizaje (UoL). Un amplio espectro de modelos o estrategias pedagógicas puede ser representado a través de IMS LD, permitiendo a los profesores adaptar de

manera flexible sus recursos y escenarios educativos al aprendizaje virtual o mixto (también conocido como blended, es decir, una mezcla del aprendizaje virtual con el presencial), más allá de la secuenciación de actividades y la utilización de repositorios de objetos de aprendizaje.

IMS LD permite la creación de materiales dinámicos y personalizables a través de la descripción actividades para diferentes roles, sus entornos, métodos de ejecución (nivel A), propiedades y condiciones particulares (nivel B), además de notificaciones (nivel C). Por otra parte, facilita la representación y codificación de escenarios para actividades no sólo de naturaleza individual, sino también colaborativas, además de proporcionar los medios para favorecer la comunicación entre los participantes del proceso educativo: docentes y discentes, y entre los propios estudiantes.

El modelo de información de IMS LD utiliza XML y las unidades de aprendizaje expresadas de acuerdo con dicho modelo, pueden ser leídas, procesadas y ejecutadas por un motor que permite su visualización y despliegue. Este motor o IMS LD player es responsable de la coordinación de las actividades e interacciones de los estudiantes y profesores, de mostrar los recursos y del control del comportamiento de la unidad de aprendizaje de acuerdo con la descripción de su fichero manifiesto.

IMS LD es una de las especificaciones más recientes y ambiciosas puesto proporciona un marco integrador para las especificaciones IMS SS, IMS CP; IMS QTI llevando la interoperabilidad a un nivel superior no sólo desde la perspectiva tecnológica, sino también desde la vista pedagógica. Como hemos mencionado en esta sección el hecho de que la especificación considere factores pedagógicos como la variedad de estrategias facilita la capacidad de reutilización de los materiales didácticos basados en él, no sólo en situaciones como estrategias pedagógicas similares sino también en aquellas donde los contenidos u objetos de aprendizaje versen sobre temáticas similares, propiciando además, que el proceso educativo se desarrolle de forma más armónica. Por tales razones, ésta es una de las especificaciones que se utilizarán en nuestro trabajo para asegurar que el material posea características que potencien su papel como soporte efectivo un determinado proceso educativo.

2.3 Características deseables de los materiales didácticos

Los materiales didácticos deben constituir un soporte efectivo al desarrollo del proceso educativo, es decir, deben facilitar el logro de los objetivos educativos de cada uno de sus participantes. Para ello, es preciso que los materiales posean un grupo de características o propiedades de las que dependerá el grado de su efectividad como soporte del proceso de enseñanza y aprendizaje. Estas características son básicamente las siguientes: el carácter reutilizable, la calidad vista como su valor pedagógico y la usabilidad su interfaz, así como el cumplimiento con los actuales estándares y especificaciones sobre *e-Learning*. A continuación explicamos cada una de ellas y la importancia de ser consideradas durante la fase de desarrollo de los materiales didácticos.

Carácter reutilizable: Esta propiedad se basa en el potencial de los materiales didácticos para ser utilizados en diferentes situaciones educativas o en diversos dominios de conocimiento [106]. Esta característica depende de un grupo de factores como son:

- La granularidad del material, determinada por la relación existente entre el tamaño del material y su valor pedagógico [131].
- El cumplimiento con las actuales especificaciones y estándares sobre tecnologías educativas (*e-Learning*) y de los derechos de propiedad intelectual de sus creadores [74].
- La existencia de la debida separación en el diseño del material entre los contenidos y su presentación, y el diseño instructivo [106].
- La incorporación de información de carácter semántico que permita su localización y recuperación automatizada [95].

Dada la importancia del carácter reutilizable es preciso que cada uno de los factores antes mencionados sea controlado durante el proceso de creación con el fin de asegurar ciertas ventajas como la generación de valores, la adecuación pedagógica o la calidad derivada del uso [116]. La reusabilidad contribuye a la generación de valores como por ejemplo, el incremento de la capacidad competitiva de una organización, basada en la relación coste-beneficio, siendo el coste el valor de adquisición o producción de los materiales para una determinada necesidad instructiva o formativa y el beneficio, el aumento de las competencias del personal que se beneficia de la actividad formativa. En el caso de la adecuación pedagógica, la reutilización propicia un ahorro considerable en el tiempo de diseño de los materiales cuando es posible encontrar recursos que se ajusten a las necesidades de una situación de instrucción particular. Por otra parte, uno de los beneficios más importantes derivado del uso continuado es la calidad obtenida a través de la evaluación y perfeccionamiento de sus componentes.

Calidad: La calidad de un material didáctico se puede definir de forma general según Tagushi en [121] como “el grado en el cual las características del material son capaces de cubrir las necesidades y expectativas de quienes lo utilizan durante cierto periodo de tiempo”. Estos usuarios serían, por una parte, aquellos profesionales que participan en la creación, tales como profesores, pedagogos, diseñadores instructivos, desarrolladores y diseñadores del software, y por otra, estarían los usuarios finales del material como estudiantes, aprendices y profesores.

La calidad del material didáctico debe ser analizada desde dos perspectivas: el producto per se y su proceso de desarrollo. Desde la perspectiva del producto, es necesario contar con especificaciones formales de las necesidades o expectativas de los usuarios, así como de los atributos del material didáctico, de manera que dichas especificaciones pueden ser utilizadas por herramientas de análisis que faciliten la medición del grado de su cumplimiento. Desde la perspectiva del proceso de desarrollo, será necesario analizar los protocolos que guían la creación de los materiales, la eficiencia de estos protocolos y su influencia en la reducción de costes en la creación.

Usabilidad: Es la característica del material didáctico que sintetiza su calidad desde la perspectiva de la Interacción Persona Ordenador. Se define de acuerdo con la norma ISO 9241-11 [64] como “la capacidad del material para servir de soporte efectivo, eficiente y satisfactorio a

su audiencia destino, docentes y discentes, en el desarrollo de sus tareas y en el logro de sus objetivos educativos en un determinado contexto”. Entendemos por soporte efectivo aquel que tiene la capacidad de estar disponible y facilitar la consecución de los objetivos de cada uno de los participantes en el proceso educativo. El hecho que sea considerado como eficiente se refiere a que además de poseer la capacidad anterior, su creación y utilización no implique un alto grado de inversión en recursos humanos, de tiempo o monetarios. Por último, cuando se habla de un soporte satisfactorio, significa que el material didáctico cumple con los requisitos y exigencias de una determinada situación instructiva y de los individuos involucrados en dicho entorno educativo.

Para obtener materiales de calidad es necesario considerar dos importantes aspectos: su usabilidad desde la perspectiva técnica y su valor o utilidad pedagógica [82] desde la perspectiva instructiva. La usabilidad, desde la perspectiva técnica tiene como objetivo asegurar una interacción eficiente y libre de errores con el material por lo que se deberán controlar aspectos de la aplicación, en nuestro caso, del material, como su interfaz, presentación y la navegación [126]. Un material usable, por tanto, minimizará la carga cognitiva resultante de la interacción con el ánimo de liberar la mayor cantidad de recursos humanos y tecnológicos para servir de soporte al proceso educativo y facilitar el logro de los objetivos de sus participantes. Mientras que desde la perspectiva pedagógica, la utilidad o valor pedagógico, es de importancia vital para asegurar que el material didáctico sea realmente un soporte eficiente y satisfactorio del proceso educativo, por ello lo analizamos a continuación.

Valor pedagógico: Es un tipo de valor terminal relacionado con el alcance o logro efectivo de un conjunto de objetivos educativos y competencias. El valor pedagógico o utilidad pedagógica [31; 82] es una propiedad del material que debe asegurarse durante su desarrollo facilitando a los creadores los medios que permitan evaluar la utilidad del material basado en las diferencias de percepción entre qué valores de ciertos atributos se requieren y qué valores de estos atributos resultan una vez que se ha obtenido el material.

Entre los elementos a considerar a la hora de evaluar el valor pedagógico de un material didáctico están:

- la riqueza del material, respecto a la cantidad de información que disponible en el material [31];
- su completitud, relacionada con la capacidad del material para cubrir el espectro de conceptos necesarios, facilitar que los participantes logren sus objetivos educativos, así como proporcionar los medios necesarios para que exista la debida comunicación y coordinación de sus actividades;
- la coherencia del material definida por la concordancia de sus contenidos respecto a las relaciones lógicas y semánticas establecidas en el dominio de conocimiento particular;
- los mecanismos empleados en el material para motivar al discente [31], tales como la presencia de auto-evaluaciones, retroalimentación en el desarrollo de ejercicios y la posible adaptación del material a las características individuales del estudiante. Algunos de

estos mecanismos han sido incorporados por definición en las especificaciones y estándares *e-Learning*.

Dada la importancia de la calidad y la usabilidad en la satisfacción del usuario demostrada en [23] es preciso que durante el desarrollo de los materiales se consideren cuáles son las necesidades del proceso educativo que los materiales deben cubrir y que se realicen evaluaciones sobre estos aspectos una vez obtenido el material, de forma que los creadores puedan tener cierto grado de confianza sobre la capacidad del material creado como soporte efectivo para que los participantes del proceso educativo alcancen sus objetivos. En el apartado 2.5 dedicado a los criterios de evaluación de los materiales didácticos se profundiza en estos aspectos.

Cumplimiento con las especificaciones y estándares sobre e-Learning: Además de las propiedades o características enunciadas anteriormente, es necesario que los materiales cumplan con un conjunto de especificaciones y estándares sobre *e-Learning*, que como explicamos en la sección anterior, garantizan su interoperabilidad, es decir, que sea posible el intercambio y transferencia de los materiales entre sistemas heterogéneos, basado en el seguimiento de IMS CPIM [55]. Además de facilitar su accesibilidad (siendo localizables y recuperables) y potenciando su posible utilización respetando y cumpliendo sus derechos de propiedad intelectual cumpliendo la especificación IMS LRMDI [60]. Además de especificaciones como IMS LIP [59] que definen guías que facilitan la gestión y personalización de los materiales y el cumplimiento de IMSLD [56], IMS QTI [61]) que definen estructuras flexibles favoreciendo la composición e integración en nuevos materiales. En el apartado 2.2, dedicado a los estándares, se han explicado cada una de estas especificaciones con más detalles.

Todas las características o propiedades deseables, previamente presentadas, son elementos destacados en las tres áreas más importantes para el desarrollo de los materiales didácticos: el dominio de conocimiento sobre el que versa el proceso educativo, el área pedagógica y el área tecnológica que sirve de soporte al proceso de enseñanza y aprendizaje. Como se ha explicado es de vital importancia que sean consideradas y de alguna forma controladas durante el desarrollo de los materiales con el fin de asegurar que el material obtenido pueda cumplir su objetivo de servir como soporte eficaz al proceso educativo para el que ha sido creado.

2.4 El desarrollo de materiales didácticos

Como se explica en el Capítulo de Introducción, durante el desarrollo de los materiales surge un grupo de interrogantes que las herramientas de autoría con que contamos actualmente son incapaces de resolver. Estas cuestiones básicamente son: dónde localizar los contenidos más apropiados para el material que se está desarrollando, cómo recuperar dichos contenidos, cuáles son los criterios más indicados para seleccionar los contenidos, cómo integrar estos contenidos en el material, cuándo y cómo controlar la coherencia, completitud y precisión de los contenidos seleccionados o cómo asegurar el carácter reutilizable del material tomando en cuenta la naturaleza reutilizable de sus componentes y considerando la importancia de disponer de anotaciones semánticas sobre las propiedades del material y acerca de las razones y

justificaciones de su desarrollo (*development rationales*), de manera que sea posible la localización y recuperación y reutilización del material en situaciones instructivas similares.

Por otra parte en la fase de desarrollo de los materiales, dado el carácter multidisciplinar del proceso de creación, participan profesionales con diferentes diversos perfiles, niveles de experiencias y puntos de vista sobre cómo deben ser y cómo deben crearse los materiales didácticos. Estos participantes pueden ser proveedores de contenidos o expertos en la material sobre la que versan los materiales, tutores, profesores, diseñadores gráficos, diseñadores instructivos, especialistas en Pedagogía y algunas ocasiones, los propios estudiantes. Considerando esta diversidad y que en ocasiones la labor de desarrollo de los materiales no siempre es llevada a cabo por participantes de todos estos perfiles, es necesario que las herramientas de autoría sean diseñadas de tal forma que faciliten la labor de desarrollo y eliminen la carga cognitiva relacionada con todos los aspectos que deben considerarse en el proceso: listado exhaustivo de todas características deseables, familiarización con cada uno de las especificaciones que deben emplearse, así como la gestión a cada una de las interrogantes antes expuestas.

Es necesario pues, que el soporte que proporcionan las herramientas de autoría para la fase de desarrollo dentro del proceso de creación resuelva estos problemas. Con este fin la fase de desarrollo puede dividirse en las siguientes etapas: selección, composición y evaluación, como se muestra en la Figura 1.1 y que seguidamente explicamos.



Figura 1.1. La fase de desarrollo dentro del proceso de creación de los materiales didácticos

2.4.1 Etapa de selección

Es la primera de las etapas del desarrollo de los materiales, que se dedica a localizar y recuperar los recursos o componentes (contenidos y estrategia pedagógica) más apropiados de acuerdo con los requisitos de creación del material sobre el dominio del conocimiento, pedagógicos y técnicos.

Existen diferentes formas de proceder durante la etapa de selección. La elección del procedimiento de selección más apropiado o de menor coste depende de las reglas de acceso, definidas de acuerdo con las políticas de protección de los derechos de autor, políticas de seguridad y de distribución de recursos de los repositorios o instituciones propietarias de los recursos y de la disponibilidad de aquellos recursos que cumplen con los requisitos específicos del dominio de conocimiento y de carácter pedagógico del material que se necesita crear. Por

ejemplo, un posible procedimiento sería la creación de los recursos en los casos en que estos no se encuentran disponibles o cuando el coste que debe pagarse por utilizarlos es superior al coste de crearlos completamente desde cero. Otra opción es recuperar los recursos listos para usar (“ready to use”) de los repositorios, si estos recursos están disponibles, su acceso es libre y además cumplen con los requerimientos del material que se necesita. En aquellos casos en que no cumplen exactamente tales requisitos, otra opción sería utilizarlos para hacer versiones que sí se ajusten a los requisitos. En muchas ocasiones el mejor procedimiento no es una de las opciones antes mencionadas sino más bien la combinación de ellas. Como consecuencia, es esencial contar con guías que ayuden a los desarrolladores (expertos o novatos) en la elección de cuál es el procedimiento que deben seguir durante la etapa de selección, de acuerdo con sus condiciones específicas.

2.4.2 Etapa de composición

La segunda etapa del desarrollo es la composición dedicada a la agregación e integración de los recursos o componentes del material en la estructura definitiva del mismo. Durante esta etapa los recursos obtenidos en la etapa anterior son agregados e integrados en una estructura del material definida según los requisitos pedagógicos y que permita cumplir con los requisitos de soporte tecnológico para la entrega y visualización del material. En consecuencia, también es necesario que se disponga de guías y mecanismos que permitan la agregación e integración de los recursos en la estructura del material para la composición del mismo.

2.4.3 Etapa de evaluación

La última etapa del desarrollo es la evaluación, ignorada o subestimada en muchas soluciones al desarrollo. En esta etapa se controla que las propiedades del material obtenido cumplan en cierta medida con las expectativas de sus creadores o potenciales usuarios [97].

Una vez que se ha realizado la composición del material y que los creadores han visualizado su resultado, durante la etapa de evaluación es necesario controlar si las propiedades del material obtenido satisfacen los requisitos iniciales. Deberá entonces inspeccionarse la calidad del material creado vista como su utilidad pedagógica y usabilidad y en aquellos casos en los que dichas cualidades no alcancen niveles aceptables será preciso proceder a rediseñar el material. En algunos casos, será necesario modificar los contenidos, la estructura del material o algunos parámetros de la presentación. Por estas razones, también es necesario disponer de medidas, métricas y reglas para controlar las propiedades del material didáctico y, además, es preciso contar con mecanismos que proporcionen ayudas para rediseñar el material. En el apartado 2.5 Criterios de evaluación del material didáctico se explica en más detalladamente cómo se realiza la evaluación de los materiales como parte su desarrollo.

Una de las conclusiones que se extraen de este análisis es que el desarrollo de materiales didácticos tiene un alto grado de complejidad y necesita de herramientas de soporte efectivas. Es preciso considerar múltiples requerimientos, que en muchas ocasiones, son desconocidos para alguno de los profesionales involucrados en el proceso de creación. Como se ha explicado, cada una de las etapas del desarrollo tiene sus propias particularidades que requieren de un soporte especial (reglas, guías y mecanismos) para asistir y guiar a los participantes en el desarrollo. Como consecuencia, esta fase de la creación de los materiales necesita de métodos de soporte, que proporcionen un marco de desarrollo con soluciones sistemáticas y racionales. Además es imprescindible contar con entornos de autoría de calidad basados en tales métodos de desarrollo con el objetivo de guiar y apoyar de manera eficaz a los desarrolladores a encarar la complejidad del desarrollo.

2.5 Criterios de evaluación del material didáctico

Esta sección se dedica a la evaluación de los materiales didácticos puesto que consideramos que es una de las actividades más importantes dentro su desarrollo, porque gracias a ella es posible comprobar si las propiedades del material didáctico satisfacen los requisitos definidos al inicio del proceso de creación, además de obtener información realista sobre su utilidad, de forma que se valida si el material creado permite el logro efectivo de los objetivos de cada uno de los participantes en el proceso educativo. En función de los resultados de la evaluación es posible tomar medidas para el re-diseño del material. Por este motivo en esta sección se presenta cómo se aplica el procedimiento general para llevar a cabo la evaluación para el caso de los materiales didácticos, se analizan cuáles son los objetivos de evaluación a tomar en consideración y en función de ellos se exploran algunas de las métricas propuestas anteriormente y su aplicabilidad al caso de los materiales didácticos.

La evaluación ha sido un aspecto más estudiado en el contexto de *e-Learning*, en áreas como la Hipermedia educativa [¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.;4; 22; 31; 32; 44; 50; 82; 83; 126; 128]. En estos estudios se han propuesto procedimientos y métricas para evaluar aplicaciones multimedia educativas, que analizaremos a continuación. A pesar del reconocido valor de la evaluación, ésta ha sido escasamente considerada por las aproximaciones más recientes dedicadas al desarrollo de materiales didácticos como IBM DALO, EonTools, RELOAD o QTIEditor. Entendemos que es una etapa inevitable dentro de la creación por lo que a continuación analizamos cómo los procedimientos y métricas de evaluación planteadas en estudios anteriores pueden ser aplicados en la valoración de los materiales didácticos.

En primer lugar es preciso puntualizar la estrecha relación existente entre los sistemas de hipermedia educativa y la definición de materiales didácticos adoptada en este trabajo. Los primeros han sido definidos como los marcos ideales para el desarrollo y coordinación de diferentes técnicas y herramientas para soportar el proceso educativo [50]. Estos sistemas permiten el modelado de los materiales didácticos y su representación de forma que el proceso

educativo sea provisto de los principios y estrategias adecuadas para su desarrollo armónico [77]. Precisamente en la definición que hemos utilizado para los materiales didácticos como “la conjunción de una colección de contenidos, en forma de objetos de aprendizaje con una estrategia pedagógica, definida por un diseño instructivo y en forma de unidades de aprendizaje, que sirve de guía durante el proceso educativo”, consideramos desde la perspectiva técnica y teniendo en cuenta las especificaciones y estándares *e-Learning* que las unidades y objetos de aprendizaje tienen estructuras hipermedia formadas por nodos y enlaces de contenidos y estructurales [12]. Los nodos incluyen información relacionada con los objetivos educativos a alcanzar: conocimientos, habilidades y actitudes. Y al expresar “conjunción entre la colección de contenidos y la estrategia pedagógica” nos referimos a las relaciones entre ellos en forma de enlaces estructurales.

2.5.1 Procedimiento de evaluación

Díaz en [31] propone una extensión del procedimiento de evaluación definido por Catenazzi et al [22] para guiar la evaluación de la usabilidad de los libros electrónicos educativos. El procedimiento propuesto está formado por los siguientes pasos:

Definición de los objetivos de evaluación: referida a la selección de los elementos que deben ser valorados, que para el caso de los libros electrónicos se consideraron la evaluación de la utilidad pedagógica y la valoración de la interfaz de usuario del libro. A partir de ellos se definió un conjunto de criterios y métricas que permitieran medir los objetivos a evaluar.

Selección de la técnica de evaluación: La decisión de elegir una técnica ya sea analítica, experimental o por parte de expertos para la realización la evaluación depende de los objetivos a evaluar, las características de las métricas de evaluación y la fase de creación en que se realiza la evaluación.

Preparación de la evaluación: En este paso se diseña cómo se realizará la evaluación por lo que debe decidirse qué tipo de datos se recopilaran en función de las métricas definidas para cada objetivo, quienes serán los evaluadores, cuáles tareas deberán llevar a cabo en función de la técnica de evaluación seleccionada y además, se diseñan los mecanismos que permitan recolectar y procesar los datos de la evaluación.

Ejecución de la evaluación: De acuerdo con el paso anterior se lleva a cabo la evaluación empleando una o más sesiones y forma centralizada o distribuida en función de los objetivos a evaluar y los recursos disponibles.

Elaboración de conclusiones: Los datos que han sido recolectados y procesados en el paso anterior se analizan y, de acuerdo a los resultados de este análisis se formulan conclusiones sobre el estado de los objetivos evaluados y se elaboran recomendaciones para obtener el estado requerido de dichos objetivos.

Para el caso que nos ocupa en este trabajo, el procedimiento anterior se puede adaptar a las peculiaridades del material didáctico. Para el primer paso, la definición de los objetivos de

evaluación, como hemos explicado en la sección Características deseables de los materiales didácticos, se pretende que éstos sean reutilizables, que cumplan con los estándares y especificaciones *e-Learning* y que posean un grado de calidad aceptable. La calidad del material, como explicábamos vista desde de la perspectiva del producto, se enfoca desde de la disciplina de la Interacción Persona Ordenador, como la usabilidad de su interfaz y desde la perspectiva pedagógica, como su valor o utilidad pedagógica. Entendemos que la evaluación de los materiales didácticos debe realizarse en dos partes: una de carácter formativo y otra de carácter sumativo. La evaluación formativa tiene el propósito de identificar los aspectos del objeto evaluado que necesitan ser mejorados tomando en consideración determinados criterios y facilitar sugerencias para su corrección [127] y deberá realizarse en cada una de las fases del proceso de creación como se ha mostrado en la Figura 1.1. Mientras que la evaluación sumativa, llevada a término en la fase Evaluación del proceso de creación, se dedica a examinar los efectos y resultados obtenidos cuando se ha utilizado el objeto evaluado. Es por ello, que en la evaluación formativa de los materiales como parte de la fase de desarrollo, los objetivos a valorar sean la utilidad o valor pedagógica y usabilidad del material y mientras que en la evaluación de carácter sumativo, se valorará la utilidad pedagógica, la usabilidad y se compruebe el carácter reutilizable del material una vez que se ha llevado a término el proceso educativo. En nuestro trabajo nos centraremos en la evaluación de carácter formativo y aseguremos que sea posible llevar a cabo la evaluación de carácter sumativa.

A continuación explicamos la forma en que se aplica el resto del procedimiento general a la evaluación formativa de los materiales didácticos. De acuerdo con los objetivos seleccionados es necesario entonces, que se definan ciertos parámetros, medidas y métricas que nos permitan evaluar la calidad del material considerando su usabilidad y su utilidad o valor pedagógico. Antes de proceder a explicar cada uno de ellos es importante que consideremos que algunos de los criterios y métricas propuestos se caracterizan por ser información de naturaleza imperfecta ya sea por que son datos imprecisos, inciertos o inconsistentes [118]. Cuando se dice que una propiedad tiene un carácter incierto, se refiere a la carencia de información sobre el entorno o el dominio sobre el que se trabaja, que impide decidir si tal propiedad es verdadera o falsa en tal entorno. La imprecisión es una propiedad derivada del contenido de una frase en la que más de un entorno o contexto conocido es compatible con la información proporcionada. La inconsistencia es una propiedad derivada del contenido de una frase en la que ningún entorno o contexto conocido es compatible con la información proporcionada.

2.5.2 Criterios para valorar de Utilidad pedagógica

Díaz et al en [32] definen un conjunto de criterios para cada uno de los objetivos de evaluación que son aplicables a los materiales didácticos. Para la valoración de la utilidad pedagógica, se sugieren los siguientes criterios: riqueza, completitud, motivación, estructura del hipertexto, autonomía, competencia o efectividad, flexibilidad que analizamos a continuación.

Riqueza: Utilizado para expresar y valorar el volumen de información incluida en el material, las diferentes formas que se ofrecen para acceder a la información así como la disponibilidad de diversas formas para su presentación. Las dos últimas son de vital importancia porque permiten satisfacer las necesidades de usuarios (discentes) con diferentes habilidades, capacidades y estilos de aprendizaje. Respecto a las formas de acceder a la información, la estructura proporcionada por el IMS LD para las unidades de aprendizaje, tiene en consideración la variedad de posibles usuarios del material (docentes y discentes) y ofrece mecanismos para adaptar la presentación del material a las características de los discentes, siempre que hayan sido modeladas como propiedades, sobre las que se pueda realizar una gestión de condiciones en función de tales propiedades. A la hora de llevar a cabo la evaluación este criterio. Los aspectos a considerar como cantidad de contenidos, formas de presentación se mostrarán en forma de expresiones o escalas lingüísticas con las que las personas se sienten más identificadas a la hora de calificar. Este tipo de expresiones tienen un carácter impreciso [118] por lo que las técnicas de evaluación más recomendadas son las heurísticas o los análisis de expertos.

Completitud: Criterio que permite evaluar si el material posee contenidos suficientes y si los mecanismos de interacción utilizados son adecuados para que sea posible alcanzar los objetivos educativos de cada uno de los diferentes tipos de usuarios. Este criterio es diferente al anterior, riqueza, puesto que la riqueza se refiere únicamente a la cantidad de información. Uno de los aspectos a considerar para este criterio es la existencia de soporte para la comunicación entre los participantes del proceso educativo. En IMS LD, se ha considerado este aspecto y se proporcionan los mecanismos para permitir la inclusión de diferentes formas de comunicación entre los participantes: asincrónica a través mensajes de correo o foros y sincrónica, utilizando chats o videoconferencias. A la hora de evaluar los materiales didácticos respecto al criterio de completitud se tendrá en cuenta si los mecanismos de comunicación empleados propician el logro de los objetivos educativos.

Para llevar a cabo la evaluación este criterio, los aspectos a valorar como adecuación de los contenidos y de los mecanismos de comunicación propuestos se presentarán en forma de expresiones o escalas lingüísticas con las que las personas se sienten más identificadas a la hora de calificar. Dado el carácter impreciso [118] de este tipo de expresión, las técnicas de evaluación más recomendadas son las heurísticas o los análisis de expertos.

Motivación: Este parámetro facilita la valoración de los mecanismos utilizados en el material para facilitar el uso del material y permitir el logro de los objetivos educativos de cada uno de los participantes en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Entre los aspectos que deben tomarse en consideración para este criterio, los autores en [32] proponen que se analice si se proponen actividades de auto-evaluación y si en ellas se incluyen mecanismos de retroalimentación que permita a los estudiantes comprobar sus respuestas o si existen facilidades de personalización para ajustar el material a los estilos de aprendizaje y por tanto promover la motivación. Estas

propuestas podrían considerarse, más bien, guías para el diseño y desarrollo de los materiales de forma que se asegure la motivación de su utilización para alcanzar los objetivos educativos.

A la hora de llevar a cabo la evaluación de este criterio, los aspectos a considerar serían si las actividades de auto-evaluación, las que proponen profundizar en determinados contenidos o la retroalimentación a las preguntas planteadas contribuyen a mejorar o mantener la motivación de los estudiantes. Estos aspectos se presentan en forma de expresiones o escalas lingüísticas con las que las personas se sienten más identificadas a la hora de calificar, pero a diferencia de los criterios anteriores tiene un carácter subjetivo e incierto [118] por lo que la técnica de evaluación más recomendada es la evaluación experimental durante el desarrollo del proceso educativo para comprobar la motivación real de los participantes.

Estructura del hipertexto: Con este criterio se persigue ofrecer a los desarrolladores medidas objetivas que ayuden a detectar problemas en la estructura del material [17; 128]. Algunos de los parámetros propuestos por Díaz en [31] para este criterio son la conectividad, el carácter modular, la utilización de estructuras jerárquicas que faciliten la navegación y eviten la desorientación y el balance. Para el caso de los materiales didácticos, estos parámetros excepto el balance, se aseguran gracias a las guías proporcionadas por IMS LD para la implementación de los motores de visualización para las unidades de aprendizajes, estas directrices permiten que la estructura de organización de cada una de las actividades y sus recursos sea modular y que estos elementos estén conectados debidamente de forma que siempre se tiene acceso a ellos. En relación al balance, definido por Botafogo en [17] a partir de considerar que la estructura jerárquica de un documento hipermedia puede ser representada como un árbol, se considera que una estructura está balanceada si para cada uno de los nodos de la estructura existe una media uniforme de nodos dependientes de él. Este aspecto ha sido interpretado en [31] de la siguiente forma para sistemas de hipermedia educativa y es aplicable a los materiales didácticos: *“Un material está balanceado si para todos los temas que trata, existe uniformidad en la cantidad de información representada para cada tema, es decir, que todos los temas han sido tratados con una profundidad similar.”* A la hora de llevar a cabo la evaluación este criterio se puede medir de forma automática empleando técnicas de medición del grado de balance en la estructura del material.

Autonomía: La autonomía se define como la libertad de interacción otorgada al usuario. Este aspecto debe controlarse de forma que se evite la desorientación durante la interacción con el material, por lo que a la hora de evaluar el material debería comprobarse que tenga una estructura que facilite la navegación y ayude a la orientación del usuario tomando en consideración su perfil, es decir, sus características y preferencias [32]. En relación a este aspecto, en *IMS LD Best Practice and Implementation Guide* [57], se recomienda que el motor de visualización de las unidades de aprendizaje utilice mecanismos de representación de la estructura de la unidad, de forma que la audiencia destino al navegar por la unidad de aprendizaje tenga guías o pistas que le impidan desorientarse durante la interacción.

Para valorar este criterio presentado en forma de expresiones o escalas lingüísticas, de carácter subjetivo e incierto [118], la técnica de evaluación más recomendada es la evaluación experimental durante el desarrollo del proceso educativo para comprobar si el nivel de autonomía ofrecido a los usuarios del material es adecuado tomando en cuenta el perfil de cada usuario.

Competencia o efectividad: Este criterio está relacionado con la facilidad que ofrece el material a su audiencia destino para interactuar con él y alcanzar un determinado objetivo [31]. Cuando se evalúa el material en relación a este criterio es necesario comprobar que el material se puede adaptar a los diferentes niveles de experiencia de los usuarios. Para los materiales didácticos diseñados como unidades de aprendizaje, que es el caso sobre el trabajamos, este criterio puede utilizarse para evaluar si el material se adapta a diferentes estilos de interacción y sus contenidos son apropiados para cada tipo de usuario. Esta adaptación es posible gracias al nivel B de IMS LD, por lo que a la hora de evaluar será necesario comprobar que los mecanismos de adaptación basados en propiedades y condiciones (Nivel B IMS LD) facilitan que los usuarios logren sus objetivos. Además se pueden emplear evaluaciones experimentales durante el desarrollo del proceso educativo para comprobar la efectividad del material.

Flexibilidad: La flexibilidad está determinada por la facilidad para trabajar con los materiales y para su mantenimiento [31]. La facilidad para acceder al material se considera desde el punto de vista técnico y humano. Desde la vista técnica se refiere a las restricciones de software y hardware, mientras que desde la vista humana, se tienen en cuenta las restricciones de tiempo o limitaciones físicas. En el caso que nos ocupa, los materiales didácticos son sistemas web que se caracterizan por su flexibilidad puesto que son independientes de la plataforma de trabajo y no ofrecen limitaciones en relación al tiempo y la distancia, aunque el diseño de los materiales pueda establecer algunas restricciones al respecto en función de las situaciones instructivas específicas.

2.5.3 Criterios para valorar la Usabilidad

Para el segundo objetivo de la evaluación formativa del desarrollo del material: la usabilidad, deberán controlarse aspectos como el diseño de la interfaz, su presentación y la navegación de acuerdo con [126]. Para ello en [31] se han propuesto los siguientes criterios: estética, consistencia, auto-evidencia, naturalidad de las metáforas y el carácter previsible. A continuación presentamos cada una de ellos y analizamos su aplicabilidad a la evaluación de los materiales didácticos.

Estética: Define si el diseño de la interfaz de usuario del material favorece su legibilidad y la comprensión de los conceptos tratados en el material. El objetivo de este criterio es permitir

analizar si los contenidos están bien organizados y sincronizados en el espacio de presentación empleado y si la forma en que están presentados facilita su comprensión por parte de la audiencia destino. Entre los aspectos a considerar en este criterio está la densidad de los contenidos, entendida como la cantidad y complejidad de los conceptos tratados en cada elemento del material. También se incluye la legibilidad de cada uno de los elementos representados en el material y de todo el material en su conjunto, así como si los contenidos incluidos son apropiados a las necesidades y características de los participantes del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Los instrumentos o mecanismos más idóneos para medir este criterio de carácter inconsistente y con múltiples facetas consisten en la agregación de los resultados de la medición de sus diferentes aspectos. Por ejemplo: Apropiado, Densidad son imprecisos [118], mientras que el carácter legible puede medirse de forma automática utilizando índices como el de Fog [65].

Consistencia: Este criterio es utilizado para determinar si los elementos que son similares conceptualmente son representados de la misma forma y si aquellos que son diferentes desde el punto de vista conceptual se representan de otra forma. En el caso de los materiales didácticos es crucial que se reconozca u observe cierta consistencia en la distribución de contenidos y estructura de presentación que facilite su exploración [72;123]. Si el material es consistente es más fácil de usar, de recordar y por tanto se libera una carga cognitiva importante, por lo que los usuarios del material pueden prestar más atención a desarrollar las tareas que les permitan alcanzar sus objetivos educativos.

A la hora de valorar este criterio es necesario tener en consideración aspectos del material como la distribución y organización de los elementos de la interfaz y cómo es la navegación a través de ellos. Que deberán ser valorados utilizando expresiones o escalas lingüísticas con las que las personas se sienten más identificadas a la hora de calificar. Dado el carácter impreciso [118] de este tipo de expresión, las técnicas de evaluación más recomendadas son las heurísticas o los análisis de expertos.

Auto-evidencia: Este criterio permite determinar con qué facilidad los usuarios pueden imaginar el significado y propósito de cada uno de los elementos utilizados en la interfaz del material [44] y por lo tanto, facilita el análisis de cuán tangible es el material y sus funcionalidades. Este criterio también permite comprobar si los conceptos han sido presentados de forma clara e inequívoca.

Para valorar este criterio, se tomará en cuenta el aspecto de ambigüedad presentado en forma de expresiones o escalas lingüísticas de carácter subjetivo e incierto [118], la técnica de evaluación más recomendada es la evaluación experimental durante el desarrollo del proceso educativo para comprobar si en realidad los conceptos han sido presentados de forma transparente de acuerdo al nivel de los discentes participantes.

Naturalidad de la metáfora: Este criterio tiene como objetivo valorar si la metáfora elegida para la presentar el material es adecuada para su audiencia destino y mejora la comunicación con

esta audiencia. Es importante destacar que en muchas ocasiones no se utilizan metáforas para la representación visual del material didáctico por lo que este criterio es aplicable solo en aquellos casos en que se empleen metáforas como medio de presentación visual.

Carácter previsible: Es un criterio que permite valorar en qué grado los usuarios son capaces de prever los resultados de una interacción con el material [44], a diferencia del criterio Auto-evidencia que permite identificar el propósito y la funcionalidad de los elementos presentados en la interfaz, pero no su resultado. Este criterio constituye más bien una recomendación para el diseño de la interfaz del material de forma que esta sea lo más transparente posible y facilite la interacción. En el caso que nos ocupa, se ha tenido en cuenta en los motores de visualización y entrega que procesan los elementos de la especificación IMS QTI o LD empleados en el diseño y estructura de los materiales.

Existen otros criterios generales para evaluar la usabilidad como la frecuencia y severidad de errores, el tiempo de familiarización y la eficiencia de uso [89], que deberán tenerse en cuenta en la evaluación de la usabilidad del material puesto que también tienen una influencia importante en que los materiales faciliten el logro de los objetivos específicos de cada participante.

Frecuencia y severidad de errores: Criterio que permite comprobar el grado o nivel de influencia del diseño del material sobre la frecuencia de errores cometidos por los usuarios al interactuar con el material, además, de la valoración de la severidad de estos errores. Se considerará como inaceptable que la interfaz del material provoque que el usuario cometa errores que se consideraren de gran importancia e influencia para el desarrollo exitoso de las tareas del usuario. Este hecho deberá señalarse al creador para que se proceda a la re-definición del diseño de la interfaz del material. Para la evaluación de este criterio presentarán expresiones o escalas lingüísticas con las que las personas se sienten más identificadas a la hora de calificar, este tipo de expresiones tiene un carácter impreciso [118] por lo que las técnicas de evaluación más recomendadas son las heurísticas o los análisis de expertos.

Tiempo de familiarización: Este criterio permite determinar la facilidad de aprendizaje del diseño del material. A través de este elemento se podrá identificar con qué rapidez el usuario del material es capaz de interactuar con la interfaz y alcanzar sus objetivos, la primera vez que trabaja con ella. Se usa un valor de referencia para el tiempo de familiarización en el formato hh:mm:ss (horas:minutos:segundos). No se permitirá que el tiempo de familiarización sea mayor que un tercio del esfuerzo estimado para alcanzar las competencias u objetivos establecidos, en tal caso estaríamos un indicador de que el material tiene una sobrecarga cognitiva adicional que impide el logro de tales objetivos. La técnica de evaluación más recomendada es la evaluación experimental durante el desarrollo del proceso educativo para comprobar si realmente los estudiantes cuando interactúan con el material logran familiarizarse en corto tiempo, aunque se

podría utilizar también evaluaciones de expertos en diseño de interfaces y usabilidad para asegurar que el tiempo de familiarización con el material no supone una sobrecarga al proceso educativo.

Eficiencia de uso: Este criterio permite determinar en qué grado el uso del material facilita que el usuario desarrolle con éxito sus tareas. Este elemento se medirá una vez que el usuario está familiarizado con la interfaz del material, no deberá tomarse en consideración el tiempo de familiarización y depende de la frecuencia y severidad de errores. Se considerará como inaceptable un diseño del material que no facilite el desarrollo de las tareas del usuario por lo que este hecho deberá señalarse al creador para que se proceda a la re-definición del diseño de la interfaz del material. La técnica de evaluación más recomendada es la evaluación experimental durante el desarrollo del proceso educativo para comprobar si realmente el material facilita el alcance eficaz de los objetivos de los participantes.

2.5.4 Mecanismos para procesar información de evaluación

Una vez que se han determinado qué criterios serán utilizados para valorar los objetivos de evaluación, de acuerdo a la naturaleza de cada uno de los aspectos a tomar en cuenta para cada criterio, y siguiendo los pasos al procedimiento general de evaluación, se debe elegir las técnicas de evaluación más convenientes.

Dada la diversidad en el carácter de los aspectos a considerar en cada criterio de evaluación, el procedimiento más adecuado para obtener el valor de cada criterio es realizar la agregación de los resultados de la valoración de cada uno de sus aspectos.

Es importante destacar que muchos de estos aspectos tienen carácter impreciso, incierto o inconsistente [118] por lo cual la utilización de teorías matemáticas para la representación de estas características constituye una herramienta importante a la hora de medir la precisión de la evaluación de los materiales didácticos, porque pueden servir para representar la información y el conocimiento para facilitar la medición de criterios como la completitud, riqueza, coherencia, la exactitud. Especialmente los conjuntos de etiquetas lingüísticas borrosas y los operadores de agregación como Linguistic Weighted Averaging (LWA) [47] y Linguistic Ordered Weighted Averaging (LOWA) [48] se ha demostrado que son muy útiles para manejar escalas imprecisas.

2.5.5 Preparación y ejecución de la evaluación

Como se ha explicado anteriormente, algunos aspectos de los criterios de evaluación pueden medirse de forma automática como la riqueza y el balance, otros precisan de la intervención de los desarrolladores del material y otros sólo pueden realizarse durante el despliegue o desarrollo del proceso educativo. Para la evaluación formativa por tanto, se combinarán las dos primeras posibilidades, se deberán facilitar los medios para que los desarrolladores puedan interactuar con el material de manera que puedan analizar sus diferentes aspectos, además se les proveerá de facilidades para que puedan valorar los criterios seleccionados para cada objetivo de evaluar. En

aquellos casos para los que el resultado de la evaluación formativa no sea favorable se debe analizar la influencia de cada uno de los aspectos correspondientes a los criterios de evaluación y facilitar recomendaciones para el re-diseño del material y los medios para poder llevarlas a término.

2.6 Aproximaciones metodológicas como soporte al desarrollo de materiales

El empleo de elementos que permitan modelar y, por tanto, describir características generales de los materiales como sus requisitos temáticos, pedagógicos, de soporte técnico y de calidad, tiene un potencial importante como soporte a métodos de desarrollo que permitan reducir la sobrecarga cognitiva de aquellos profesionales que participan en el desarrollo de los materiales puesto que gracias a ellos es posible proporcionar los medios, guías y reglas que permitan guiar de forma efectiva a estos participantes a lo largo de esta fase del proceso de creación. Además, gracias a este tipo de métodos también es posible implementar reglas y mecanismos que conformen marcos de desarrollo y aseguren soluciones efectivas, sistemáticas y racionales al desarrollo de los materiales didácticos.

Las herramientas de autoría, según Murray en [88], se pueden describir en función de dos aspectos: el modelo conceptual subyacente, como marco de representación del proceso de creación y su interfaz de usuario, compuesta por un conjunto de módulos de autoría que implementan los elementos del modelo conceptual y permiten la creación, modificación y visualización de los elementos del material didáctico. En consecuencia, la efectividad de dichas herramientas dependerá de la fidelidad y capacidad de representación del modelo conceptual y de la usabilidad de su interfaz de usuario [88].

Acorde con ello, el modelo conceptual deberá describir los principales elementos del material a ser creado y las guías para llevar a cabo las diferentes etapas de la fase de desarrollo. Al tomar en consideración cada uno de los componentes del material: el componente de contenidos puede describirse como parte de un determinado dominio de conocimiento, mientras que el componente de diseño instructivo se describirá como una estrategia pedagógica perteneciente al dominio pedagógico. Por su parte, el proceso de desarrollo, como explicamos en la sección anterior, se divide en tres etapas: selección, composición y evaluación de forma que se puedan proporcionar soluciones a los diferentes problemas que surgen a lo largo del proceso tales como: dónde localizar los contenidos más apropiados para el material que se está desarrollando, cómo recuperar dichos contenidos, cuáles son los criterios más indicados para seleccionar los contenidos, cómo integrar estos contenidos en el material, cuándo y cómo controlar la coherencia, completitud y precisión de los contenidos seleccionados o cómo asegurar el carácter reutilizable del material teniendo en cuenta la naturaleza reutilizable de sus componentes. Por tanto, el modelo conceptual como marco de representación del proceso, también deberá contener la descripción de aquellos algoritmos que permitan resolver los problemas de cada una

de las etapas del desarrollo del material y aquellos mecanismos que aseguren que el material obtenido posee las propiedades necesarias para ser soporte eficiente del proceso educativo.

En los últimos años diversas investigaciones se han preocupado por algunos de estos aspectos y como resultado se han presentado múltiples soluciones al soporte del desarrollo de materiales didácticos desde perspectivas basadas en modelos. A continuación se presentan algunas de estas soluciones.

2.6.1 Soluciones basadas en modelos

En nuestra investigación sobre la situación actual del soporte al desarrollo de materiales didácticos se ha realizado un análisis de varias soluciones al desarrollo de materiales. Entre ellas destacan las soluciones basadas en modelos por su carácter sistemático, organizado y que de acuerdo con la anterior definición de Murray, tienen en consideración aspectos fundamentales para el desarrollo como son: las propiedades deseables de los materiales y las particularidades de la fase de desarrollo. Para este análisis se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- ¿Cuál de los componentes fundamentales del material didáctico ha sido modelado en la solución? ¿Qué influencia tiene en el carácter reutilizable del material?
- ¿Existe alguna relación con los estándares y especificaciones *e-Learning* en la solución? Si existe alguna relación ¿Qué tipo de relación es ésta?
- ¿Cuáles de las etapas de desarrollo están consideradas en la solución?

Primero se analizan aquellas soluciones que modelan los contenidos y el próximo apartado se dedica a las soluciones que se centran en el diseño instructivo y las estrategias pedagógicas.

2.6.1.1 Soluciones basadas en modelos de contenidos

TeachML. TeachML ha sido desarrollado como parte del proyecto Targeteam- Reutilización y generación de materiales didácticos etiquetados (*TARgeted Reuse and GEneration of TEACHing Material*) [122]. Esta es una solución centrada en los contenidos y en su carácter reutilizable. TeachML es un lenguaje de marcado para recursos educativos independientes que permite la creación de estructura de cursos utilizando XML. Este lenguaje ha sido diseñado para representar materiales didácticos como unidades o módulos reutilizables.

La estructura de estos módulos, compuesta por todos sus sub-módulos y átomos, es utilizada para producir un documento XML. De esta forma, se logra la integración de los contenidos en el nivel de estructura de contenidos y no en el nivel de presentación. Como consecuencia los materiales se integran en un documento uniforme del tipo TeachML, que puede procesarse para ser presentado en diferentes formatos.

En esta solución los contenidos son modelados como documentos y su carácter reutilizable está considerado como la capacidad del material para ser representado en diferentes formatos de entrega. TeachML proporciona una solución interesante para ensamblar contenidos pero no se explicita ningún criterio para la selección de los contenidos más apropiados para un determinado módulo.

A pesar de que TeachML es una solución de código abierto basada en una representación estándar de los contenidos a través del lenguaje XML, los materiales creados utilizando TeachML no cumplen con ningún estándar o especificación *e-Learning*. Por lo cual, estos materiales carecen de interoperabilidad entre sistemas heterogéneos, no se puede asegurar su localización y en el caso de que puedan ser reutilizados, se limitará al cambio en el formato de presentación, no a la capacidad de ser empleado en situaciones educativas empleando diferentes estrategias pedagógicas.

KBTMM. En la línea de modelado de contenidos se encuentra otra solución interesante, el Metamodelo de Tutores Basados en Sistemas de Conocimiento (*Knowledge Based Tutor Meta-model -KBTMM*). Este meta-modelo ha sido diseñado como resultado del análisis de unas veinticinco herramientas de autoría para entornos educativos [88]. Constituye una síntesis y abstracción sistemática de los elementos más importantes encontrados en dicho análisis. El modelado de contenidos en KBTMM se basa en la utilización de la información pedagógica del dominio de los contenidos, es decir, la información de un determinado dominio de conocimiento relevante para la enseñanza y aprendizaje de dicho dominio [87].

Bajo esta óptica, en KBTMM se propone una estructura de niveles de objetos curriculares denominada Arquitectura de Decisión que permite la representación de los componentes pedagógicos de un sistema tutor y la composición del tutor utilizando tales componentes.

La información pedagógica del dominio de conocimiento introducida por el KBTMM puede ser utilizada para solucionar algunas de las cuestiones relacionadas con la selección de los contenidos para el desarrollo de los materiales didácticos, aunque en KBTMM sólo se emplea en la composición del tutor. Además el mecanismo de composición de los tutores utilizando la Arquitectura de Decisión podría ser utilizado para la etapa de composición de materiales didácticos si se toma en consideración la representación de la estrategia pedagógica. Es decir, si se dispone de la representación de estrategia pedagógica a través de un modelo de diseño instructivo, el mecanismo propuesto podría ser útil a la hora de ensamblar los contenidos e integrarlos con la estrategia pedagógica durante la composición del material.

La validez y efectividad de KBTMM ha sido constatada en el desarrollo de más de diez sistemas tutores diferentes utilizando las herramientas Eon, que implementan dicho meta-modelo [88]. Sin embargo, en KBTMM no se ha tenido en cuenta la necesidad de que los sistemas resultantes cumplan con las especificaciones *e-Learning* por lo que no se ha garantizado la interoperabilidad de tales sistemas.

IBM DALO. Por su parte, el Ensamblaje Dinámico de Objetos de Aprendizaje de IBM (*IBM Dynamic Assembly of Learning Objects, IBM DALO*) es una solución propuesta y validada por el Learning Objects Framework Research Team de IBM [40]. Esta es una solución propietaria que se dedica a modelar los materiales utilizando la especificación SCORM [112]. En IBM DALO se utiliza una estrategia pedagógica única y específica para crear cursos explicativos del tipo -paso a paso- (how-to) sobre diversos productos de IBM. Los contenidos de estos objetos de aprendizaje se han modelado como grafos de temas (Topic graphs) representados por medio de esquemas RDF. Los objetos de aprendizaje se han almacenado en repositorios y además han sido anotados utilizando un subconjunto de las etiquetas LOM (*General, Educational, and Classification*) de forma que se facilita su localización dentro de dichos repositorios.

La etapa de selección concebida en IBM DALO utiliza como criterios de selección de los contenidos del material, las solicitudes de los usuarios sobre los diversos temas de los contenidos, algunas restricciones para el aprendizaje como el tiempo de presentación y las preferencias de usuario. Dichos contenidos son recuperados mediante mecanismos de búsqueda por rastreo o crawling en los repositorios. Durante la etapa de composición, las conexiones semánticas de los grafos de temas son utilizadas para controlar la coherencia del conjunto de materiales recuperados y para establecer una secuencia lógica de tales contenidos de acuerdo con la estrategia pedagógica empleada.

La solución propuesta por IBM DALO ha sido empíricamente validada a través de su implementación en el sistema *Dynamic Learning Experience*. Los resultados obtenidos han confirmado que el mecanismo propuesto para ensamblar los cursos favorece la calidad en el diseño de estos cursos e influye positivamente en la efectividad de su capacidad de personalización.

El análisis de esta solución nos lleva a centrar la atención en dos aspectos relevantes: la reutilización del material creado y la posible generalización de mecanismo de composición propuesto. El hecho de que solo se haya considerado el modelado de los contenidos y se emplee una única estrategia pedagógica provoca que el carácter reutilizable del material se haya asegurado sólo desde la perspectiva de uno de sus componentes. Es decir, los materiales obtenidos podrán ser reutilizados únicamente en aquellas situaciones en las que se emplee la misma estrategia pedagógica. Por otra parte, el mecanismo de composición propuesto, utiliza reglas únicas para la secuenciación de los contenidos que sólo pueden utilizarse para la estrategia pedagógica prefijada, por lo que estas reglas no pueden ser adoptadas para diferentes estrategias. Pero estas reglas podrían generalizarse y entonces el mecanismo de composición propuesto se podría utilizarse para crear materiales didácticos con diferentes estrategias pedagógicas, si además se dispone de los medios, proporcionados por las investigaciones relacionadas con los lenguajes de modelado educacional, para describir de manera general diferentes estrategias pedagógicas.

Las soluciones basadas en modelos de contenidos, como las presentadas, son insuficientes para expresar la complejidad del proceso educativo, cuya descripción debería incluir factores pedagógicos, otros componentes estructurales del material y otras condiciones para su

secuenciación además de prerequisites entre contenidos y la variedad de procesos que deben llevar a cabo los estudiantes y profesores [69].

2.6.1.2 Soluciones basadas en modelos pedagógicos

En la actualidad se puede encontrar un número considerable de investigaciones relativas a los lenguajes de modelado educativo como medio de representación que describen los contenidos y los procesos educativos desde una perspectiva o visión pedagógica como la expresada por Koper en [69]. Entre ellos, los lenguajes Palo [109] y OUEML [69] merecen ser mencionados por sus valiosas aportaciones al soporte del desarrollo de materiales didácticos.

PALO. Es un Lenguaje de Modelado Educativo desarrollado en el Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad Nacional a Distancia (UNED) de España y se ha empleado durante el diseño y desarrollo de cursos, guías didácticas y actividades de evaluación de la Titulación de Informática en dicha universidad.

En este lenguaje se introduce un marco de referencia para la descripción del material didáctico donde se incluye la información de carácter instructivo de los componentes del proceso educativo: subprocesos, secuencias, prerequisites, planificaciones y los contenidos. Como resultado presenta una clasificación en capas de los diferentes tipos de información que pueden incluirse en el material. Cada capa expresa información sobre componentes específicos, procesos o funcionalidades de forma que se cubre una amplia variedad de los aspectos involucrados en la descripción de las actividades que deben desarrollarse en un entorno de aprendizaje soportado por las tecnologías. Estas capas son Contenidos, Actividades, Estructuras, Secuenciación y Administración [109].

Gracias al empleo de esta clasificación estratificada, es posible la definición de cursos o unidades de estudio estructuradas como módulos. Cada módulo incluye una declaración de la estructura, de las actividades que deben desarrollar estudiantes y tutores, además de la planificación de las actividades y sus contenidos. La secuencia de los módulos se planifica a través de tiempos de entrega y las dependencias entre los distintos módulos del curso considerando diferentes tipos de prerequisites. El desarrollo de los materiales utilizando la especificación de PALO se realiza a través de un proceso de tres pasos. El primer paso está relacionado con la creación o importación de una ontología que instancia el modelo del dominio de los contenidos. A continuación se crean las estructuras según las definiciones del lenguaje PALO y como último paso se lanza el intérprete de PALO para generar el correspondiente entorno web educativo.

Esta solución se centra en la etapa de composición, haciendo uso de ontologías instructivas que facilitan la creación y mantenimiento de bases de conocimiento pedagógicas independientes del proceso de creación y la reutilización de estas bases para el desarrollo de diferentes materiales.

Sin embargo, en la solución proporcionada por PALO no se define, ni explicita el procedimiento que debe seguirse para la elección de los contenidos y actividades en la etapa de selección.

Si bien esta solución, basada en un lenguaje de marcas, toma en consideración las aportaciones de las especificaciones *e-Learning* sobre la secuenciación, los materiales y entornos obtenidos de su proceso de desarrollo no son conformes con ningún estándar o especificación, aunque se podrían utilizar reglas de transformación entre los elementos del modelo información de PALO y el modelo del IMS LD para lograr que los materiales y entornos sean conformes con esta especificación.

OUEML-IMS LD. El trabajo desarrollado en el área Lenguajes de Modelado Educativo por los creadores de OUEML y la integración de un subconjunto de elementos de este lenguaje en la especificación IMS Learning Design (IMS LD) es, hasta la fecha, la iniciativa más importante para integrar los aspectos pedagógicos del diseño instructivo en el movimiento actual de estandarización de *e-Learning*. La especificación IMS LD describe formalmente la estructura de una unidad de aprendizaje y el concepto de método o estrategia pedagógica, a través de la metáfora de una representación teatral, especificando los roles que desempeñan y las actividades que deben llevar a cabo los estudiantes/aprendices y el personal académico utilizando los objetos de aprendizaje y los servicios del entorno durante el desarrollo del proceso educativo. IMS LD modela de forma general las estrategias pedagógicas y sus modos de entrega, asegurando la interoperabilidad técnica y la reutilización del material didáctico a partir de la descripción del método o estrategia pedagógica como flujos en el proceso educativo con diferentes rutas o caminos de ejecución que pueden adaptarse a diferentes audiencias, formas de entrega o ejecución. La especificación permite la descripción de diversos tipos de estrategias basadas en técnicas didácticas como las de aprendizaje colaborativo [26], basado en problemas [20] y orientado a proyectos [124].

La información proporcionada por IMS LD es de vital importancia para crear plantillas que permitan la composición del material y la especificación presenta un procedimiento para diseñar las unidades de aprendizaje a partir de descripciones de sus requisitos empleando casos de uso de la unidad de aprendizaje. Este tipo de procedimiento sólo puede ser empleado cuando ya se han resuelto las interrogantes de la etapa de selección del desarrollo. Desafortunadamente la especificación carece de guías capaces de resolver los problemas de cada una de las etapas de la fase de desarrollo de materiales didáctico.

2.7 Herramientas de autoría

El tercer elemento de interés para nuestra investigación son las herramientas de autoría de materiales didácticos. Técnicamente las herramientas de autoría también son conocidas como herramientas de autor, entornos de autor o lenguajes visuales. Básicamente son aplicaciones con interfaces WIMP, basadas en iconos, objetos y menús de opciones que, sin necesidad de escribir

una sola línea en un lenguaje de programación, permiten la creación sistemas multimedia, entre los que se incluyen los materiales didácticos.

Estas herramientas están integradas generalmente dentro de los Sistemas de Gestión de Contenidos educativos LCMS (*Learning Content Management Systems*). Los LCMS son entornos multiusuario que permiten a los desarrolladores la creación, el almacenamiento, la entrega, la utilización y la reutilización de los materiales didácticos [71].

En el caso de las herramientas como RELOAD [108] o Aloha [7], que permiten crear objetos de aprendizaje (OA) y unidades de aprendizaje (UoL) conformes a las especificaciones y estándares *e-Learning*, éstas no son apropiadas para cualquier perfil de los posibles desarrolladores del material. Los modelos conceptuales de estas herramientas describen los principales elementos de los materiales, ya sean OAs o UOLs desde el punto de vista técnico centrándose en la creación y edición de los documentos de manifiesto en formato XML, (*imsmanifest.xml*) que definen la estructura y comportamiento de los materiales. Como no se han considerado las diferentes etapas de la fase de desarrollo: selección, composición y evaluación. Las guías y mecanismos implementados en sus interfaces de usuario para el desarrollo de los materiales se reducen a la presentación de formularios con cada uno de los elementos del fichero de manifiesto y que deben ser completados por los desarrolladores. Como consecuencia sólo los desarrolladores con un perfil técnico y ampliamente familiarizados con las especificaciones pueden emplear estas herramientas. Tampoco se permite la realización de valoraciones del material obtenido por lo que no se asegura que los materiales obtenidos posean todas las características deseables para ser soportes efectivos de un proceso educativo.

Otras herramientas como QTIEditor [90] permiten la composición de materiales de evaluación a través de la creación, edición y visualización de preguntas y evaluaciones tipo test conformes a la especificación IMS QTI. Su interfaz de usuario, aunque también está basada en formularios, sí que puede ser empleada por cualquiera de los posibles participantes en el desarrollo del material. Sin embargo esta herramienta no tiene soporte para la selección de los contenidos y aunque permite la visualización del material obtenido no es posible realizar su evaluación tomando en consideración los objetivos de calidad y usabilidad.

Otra alternativa interesante para el desarrollo de los materiales, aunque no existen herramientas generativas en el dominio *e-Learning*, está en la Ingeniería generativa de software [27], que se caracteriza por la utilización del modelado de familias de sistemas software para la obtención automática o semi-automática de los componentes de uno o más elementos de estas familias. En nuestro caso, las familias serían conjuntos de materiales didácticos que tienen en común un grupo de requisitos sobre sus contenidos o sobre sus estrategias pedagógicas. Las herramientas generativas partiendo de la especificación de unos requisitos particulares, como los requisitos de soporte tecnológico, pedagógicos o del dominio de conocimiento permiten la creación automática o semi-automática de algunos o todos componentes de un miembro de la familia de materiales. Para lograr que el desarrollo de los materiales pueda realizarse de manera automática o semi-automática es necesario además, que las herramientas de autoría cuenten con

información suficiente y de carácter formal sobre las características del material y de la fase de desarrollo, por lo que la utilización de Ontologías educativas, como explicamos en el siguiente apartado, facilitaría el procesamiento de este tipo de información.

2.8 Uso de Ontologías educativas

La efectividad de las herramientas de autoría si bien depende de la exactitud y la capacidad de representación de los modelos conceptuales subyacentes, también está condicionada por la efectividad de la implementación de mecanismos que permitan procesar la información que estos modelos proporcionan. El uso de Ontologías para estos fines puede ser de gran utilidad porque proporcionan los medios para representar formalmente las partes (todas o algunas) de nuestro modelo mental sobre un dominio de conocimiento específico [41], de tal forma que pueda ser entendidas y manipuladas por elementos de cómputo (agentes software, motores de búsqueda o servicios web [134] [28]) facilitando el procesamiento automático de los elementos de ese dominio.

La investigación sobre Ontologías educativas también ha sido profusa en estos años. Algunas de las más destacadas son las propuestas de Murray [87], Mizoguchi [84] y Leidig [73]. Los sistemas inteligentes de enseñanza y entrenamiento, también conocidos como Tutores Inteligentes son una de las vertientes de implementación más conocidas de la Hipermedia Educativa durante la década de los 90 del siglo pasado y ha sido una de las áreas en las que se más se han centrado las investigaciones sobre Ontologías educativas. Ejemplo de ellas son las propuestas de Murray [87] y la Ontología de tareas de Mizoguchi [84] que a continuación presentamos brevemente.

Ontología de Murray: Murray define una ontología para la creación de tutores inteligentes en [87], centrada en el concepto de información pedagógica y proporciona una estructura para su representación de carácter general. Esta ontología ha sido utilizada para el diseño del KBTMM presentado en la sección Soluciones basadas en modelos de contenidos.

En esta ontología se define un vocabulario sobre los conceptos pedagógicos y la representación de la estructura del dominio de conocimiento sobre el que versan los tutores en forma de red de tópicos o temas. Dentro de esta estructura se incluyen los tipos de temas, sus propiedades como niveles de competencias, habilidades o conocimientos a desarrollar y las relaciones permitidas entre los temas. Por ejemplo, se consideran tipos de temas como Hecho, Concepto, Procedimiento y Error de concepción. Los niveles de competencias a considerar en cada tema son: recordar, usar, aplicar, analizar, crear y sintetizar. Mientras que las relaciones entre los temas son Prerrequisito-de, Generalización, Sub-Concepto, Concepto-similar-a, etc. Utilizando la información proporcionada por la Ontología se pueden crear tutoriales a partir de la especificación de los temas a tratar, los objetivos educativos y la estrategia pedagógica para alcanzar tales objetivos. La estrategia, de acuerdo con la Ontología, determina cómo debe recorrerse la red de temas de forma que se satisfagan los objetivos.

Esta propuesta proporciona información de carácter pedagógico, de vital importancia para la composición de los materiales que potencia su carácter reutilizable y su capacidad como soporte efectivo del proceso educativo, sin embargo, el concepto de materiales didácticos en esta propuesta se ve reducido a los tutores inteligentes.

Ontología de Tareas de Mizoguchi: En 1996 Mizoguchi realizó una interesante propuesta de ontología para el diseño de sistemas inteligentes de enseñanza y entrenamiento (SIE), como medio de caracterizar estos sistemas, de forma que se facilitara el diseño de sus componentes con carácter reutilizable y permitiera la comunicación de forma estandarizada entre estos componentes. Otros de sus objetivos eran proporcionar un vocabulario común basado en términos y conceptos que permitieran comparar y evaluar los sistemas inteligentes de enseñanza, facilitar un medio para formalizar las tareas educativas y permitir la interpretación de las descripciones del nivel de conocimiento sobre los procesos de resolución de problemas al nivel de ejecución del código correspondiente.

En esta propuesta se considera que los SIE se caracterizan por la interacción entre el estudiante con el sistema, en el que las actividades y funcionalidades disponibles se fundamentan en un conjunto de factores claves: un determinado dominio de conocimiento, el estado del estudiante y un grupo de objetivos educativos que deben alcanzarse. Por este motivo, la Ontología de Tareas está compuesta por los siguientes conceptos considerados como categorías de primer nivel:

- Objetivos educativos
- Estado del estudiante
- Funcionalidad del sistema
- Interacción del estudiante con el sistema
- Conocimientos incluidos en el material de enseñanza.

A partir de estas categorías se realiza una organización jerárquica del resto de los conceptos, considerados como nodos y enlazados entre sí, por medio de tres tipos de enlaces o relaciones: Es-un, Parte-de y Tiene-atributo.

Los objetivos educativos permiten distinguir e identificar las metas que se pretenden alcanzar a través de la interacción del estudiante con el sistema de acuerdo con la estrategia pedagógica elegida.

Para ello se dividieron los objetivos en dos categorías: Objetivos independientes del dominio de conocimiento y Capacidades dependientes del dominio. En la primera categoría se incluyen aquellos objetivos relacionados con capacidades generales aplicables a cualquier dominio de conocimiento como la memoria, la creatividad, el razonamiento, las capacidades sociales como la argumentación, la comunicación o la negociación. En la segunda categoría se consideran los objetivos específicos para un dominio de conocimiento como entender los conceptos de ese dominio, capacidades para resolver problemas de ese dominio o la creación de nuevos esquemas para la resolución de problemas de ese dominio.

El estado del estudiante es una categoría empleada para definir las condiciones en que se puede encontrar el estudiante/aprendiz durante su interacción con el SIE. Es por ello, que el estado del estudiante fue dividido en diferentes categorías: Fase en el proceso de aprendizaje, Estado de su conocimiento y su Estado mental. La primera categoría, Fase en el proceso de aprendizaje está relacionada con los Objetivos educativos y permite definir en que estado se encuentra el estudiante respecto a los objetivos definidos, como fase de aprendizaje de conocimientos, que se divide a su vez en aprendiendo nuevos conceptos, entendiendo en profundidad los nuevos conocimientos. En la categoría Estado de su conocimiento divide en dos subcategorías: Representación numérica y Representación simbólica. En la primera se presentan el estado del conocimiento de un estudiante a través de elementos como conceptos cubiertos (aprendidos), habilidades alcanzadas, nivel de dominio de los conceptos o la confianza en lo aprendido. Entre los elementos de la Representación simbólica se definieron la localización de errores, condiciones que propician los errores, tipos de errores como orden incorrecto de operaciones, relaciones incorrectas entre predicados y conceptos. Mientras que en la categoría de Estado mental se incluyen elementos como la motivación, interés y la concentración.

La categoría funcionalidad del sistema es considerada dentro de esta Ontología como la más importante para un SIE y los conceptos asociados a esta categoría definen el tipo de enseñanza que caracteriza al SIE. Estos conceptos se han dividido en dos categorías: sistemas autónomos y sistemas no autónomos. Dentro de la primera categoría se presentan conceptos como el tipo de interacción uno a uno o interacción en grupos, diferentes estrategias el primer tipo como practicas repetitivas, hacer aprendiendo, exploraciones libres del entorno de aprendizaje, entrenamiento, tutorías. Para el tipo de interacción en grupos se definen estrategias como la colaboración, coordinación, cooperación, desarrollo de juegos o argumentación. Como los SIE son considerados como sistemas autónomos en la definición de la Ontología no se profundiza en los sistemas no autónomos, aunque se deberían definir más detalles de los sistemas no autónomos en aras de obtener mayor completitud en la Ontología.

En la categoría interacción entre el estudiante y el sistema se tomó en consideración que la actividad del estudiante tiene carácter interno o mental, así como externo, reflejado en sus acciones o en los actos de comunicación que realiza. Como el objetivo de esta Ontología no era proponer un modelo para medir el comportamiento del estudiante sino facilitar información para la construcción de un SIE, se le dio más importancia a la actividad externa del estudiante a través de su interacción con el sistema. Entre los conceptos a considerar como categorías de primer nivel dentro de la interacción entre el estudiante con el sistema se propusieron elementos como el modo de interacción, el tipo de contenidos, los roles en la comunicación y el protocolo de control y secuenciación. Los primeros están estrechamente relacionados con el aspecto técnico de los SIE y con las técnicas de interacción incluidas en el SIE. Mientras que el tipo de contenido se refiere a la descripción cognitiva de la comunicación, los roles representan las posibles actitudes del estudiante hacia el SIE y los protocolos de control y secuenciación permiten definir el orden que se establece para dicha comunicación.

Por último, se consideró la categoría Conocimientos incluidos en el material de enseñanza, reconociendo el valor de los materiales didácticos como soporte para el desarrollo del proceso educativo. Dentro de esta categoría se incluyen elementos como el Dominio de Conocimiento y el Conocimiento de control de búsquedas. En la primera categoría, Dominio de Conocimiento se toma en cuenta el tipo de conocimiento: declarativo o procedimental, abstracto o concreto, forma en que están definidas las operaciones en dicho dominio. Además, partiendo de la idea de que los SIEs son sistemas multimedia, esta categoría está compuesta por Nodos y Enlaces. Los Nodos a su vez incluyen Conceptos, Hechos, Reglas y Principios, entre sus propiedades se considera el carácter opcional u obligatorio de la temática tratada o su dificultad, mientras que en los Enlaces se consideran las relaciones entre los contenidos tales como es Prerrequisito, Objetivo, Es-un, Parte-de u Orden. En la categoría Conocimiento de control de búsquedas se consideraron elementos como: Objetivos, Sub-objetivos, Preferencias o Puntuación, entre otros.

La información que proporciona esta propuesta es muy útil a la hora de componer los tutores inteligentes sin embargo muy poco interés se ha prestado a la creación de sus contenidos temáticos, como consecuencia las descripciones que la Ontología proporciona no permiten resolver problemas relacionados con la localización y recuperación de tales contenidos ni con su composición.

Ontología de Leidig: Esta propuesta de Ontología a diferencia de las anteriores, surge más recientemente, está asociada a la vertiente de *e-Learning* relacionada con los objetos de aprendizaje y se aplica en soluciones a la educación continua, a lo largo de toda la vida de los individuos y al entrenamiento profesional aunque no tiene en consideración los estándares y especificaciones *e-Learning*. Esta propuesta surge tomando en consideración que los modelos didácticos son generalmente conocidos, descritos y analizados en la comunidad pedagógica de manera informal y que es preciso que tales modelos sean descritos de una manera más exacta y formal para permitir el procesamiento de sus conceptos y procesos por parte de las herramientas de autoría. Se plantea además la necesidad de que estas descripciones formales sean consensuadas entre los especialistas de perfiles técnicos y los de perfil pedagógico de manera que la comunicación entre ambos perfiles durante el desarrollo de los materiales didácticos sea fluida, clara e inequívoca.

La Ontología propuesta por Leidig en [73] presenta una estructura de grafos conceptuales utilizados para la definición de un vocabulario común y una gramática para la información semántica de los objetos de conocimiento (u objetos de aprendizaje). Esta estructura tiene un carácter general e independiente del dominio de conocimiento. La estructura de grafos está compuesta por conceptos didácticos, un conjunto de relaciones entre tales conceptos y un conjunto de patrones que describen la utilización más común de los conceptos y sus relaciones. Se especifican además reglas de posibles relaciones entre grafos conceptuales y las transformaciones de la información sobre el dominio de conocimiento en posibles rutas de navegación para los objetos de aprendizaje. Los conceptos de carácter didáctico propuestos en esta Ontología se han clasificado en función de varias dimensiones como son la temática; las

competencias a alcanzar; el medio o soporte utilizado para la transferencia del conocimiento, el tipo de conocimiento: orientación, explicativo, operativo o de referencia; las relaciones entre los objetos de aprendizaje para definir su estructura y presentación y el nivel de interacción entre el estudiante y el sistema potenciado por los objetos de aprendizaje, es decir, receptivo, activo y colaborativo. Las relaciones se dividen en jerárquicas y no jerárquicas, las primeras son del tipo Es-parte o Es-un, mientras que las relaciones no jerárquicas son del tipo Es-similar, Es-análogo, Es-alternativo, entre otras.

Esta clase de ontologías pueden proporcionar los elementos necesarios para crear plantillas, asistentes de desarrollo y herramientas para controlar la consistencia, la completitud y la coherencia que ayuden a los creadores durante el desarrollo de los materiales didácticos [73]. En este sentido, la información que proporcionan las ontologías también es útil en la etapa de selección del desarrollo puesto que permite disponer de interpretaciones semánticas apropiadas para el trabajo de los motores de búsqueda en la localización y recuperación de componentes del material. Además podrían facilitar la composición y configuración automática del proceso educativo, si los elementos del modelo conceptual sobre el que trabajan incluyen las relaciones entre el diseño instructivo y los contenidos.

2.9 Resumen del Capítulo

Todas las soluciones al desarrollo y las herramientas de autoría que se han analizado en este capítulo proporcionan respuestas parciales a los problemas del desarrollo de materiales didácticos. En el caso de las soluciones basadas en modelos, sus contribuciones respecto al modelado de los componentes o elementos del material didáctico como regla general se centran en uno de dichos elementos. Por otra parte, se ofrecen soluciones sólo a algunos de los problemas del desarrollo a través de diversas propuestas dedicadas a la selección de contenidos y su ensamblaje o a la integración de contenidos con la estrategia pedagógica correspondiente. Esta es la situación actual del soporte al desarrollo de materiales didácticos y las razones que nos conducen a pensar que este problema es soluble si se diseña un marco de desarrollo que resuelva de forma conjunta, sistemática y racional los problemas de las diferentes etapas del desarrollo de materiales didácticos.

Capítulo 3 Planteamiento del problema

En este capítulo se describe la problemática que se pretende resolver este trabajo de tesis y los objetivos que nos proponemos alcanzar. Además se presenta un resumen de las posibles aportaciones del trabajo y un breve análisis sobre cómo la solución que se propone puede ser diferente a las diferentes soluciones presentadas en el Estado de la Cuestión.

3.1 Definición de la problemática a resolver

Esta investigación tiene sus orígenes en un estudio acerca del desarrollo de materiales didácticos basado en soportes tecnológicos [95] en el que se analiza la complejidad de la fase de desarrollo de los materiales y la necesidad de contar con herramientas de soporte. El desarrollo de materiales didácticos tiene un alto grado de complejidad y necesita de herramientas de soporte efectivas dado su carácter multidisciplinar en el que participan profesionales con diferentes perfiles, niveles de experiencias y puntos de vista sobre cómo deben ser y cómo deben crearse los materiales didácticos. Estos participantes pueden ser proveedores de contenidos o expertos en el tema sobre el que versan los materiales, tutores, profesores, diseñadores gráficos, diseñadores instructivos, especialistas en pedagogía y en algunas ocasiones, los propios estudiantes. Durante el desarrollo es preciso considerar múltiples requerimientos del material, de los que dependerá el grado de su efectividad como soporte del proceso de enseñanza y aprendizaje, y que en muchas ocasiones son desconocidos para alguno de los profesionales involucrados en el proceso de creación. Cada una de las etapas del desarrollo tiene sus propias particularidades que requieren de un soporte especial (reglas, guías y mecanismos) para asistir y guiar a los participantes en el desarrollo.

A partir de las conclusiones de dicho estudio se profundiza en el análisis de las diferentes soluciones que las actuales herramientas de autoría ofrecen al desarrollo y se encuentra que no existen criterios comunes en el diseño de estas herramientas [96]. Algunas herramientas están diseñadas para asegurar el cumplimiento de los estándares y especificaciones sobre *e-Learning* y se dirigen especialmente a un sector pequeño de los profesionales involucrados en la creación de los materiales, aquellos que tienen un conocimiento profundo de estos estándares. En estas herramientas no se ha considerado resolver las interrogantes que surgen a lo largo del desarrollo tales como dónde localizar los contenidos más apropiados para el material, cómo recuperar dichos contenidos, cuáles son los criterios más indicados para seleccionar los contenidos, cómo

integrar estos contenidos en el material, cuándo y cómo controlar la coherencia, completitud y precisión de los contenidos seleccionados o cómo asegurar el carácter reutilizable del material tomando en cuenta la naturaleza reutilizable de sus componentes. Otras herramientas, las basadas en modelos, proporcionan soluciones parciales al desarrollo, toman en consideración sólo uno de los componentes fundamentales de los materiales: contenidos o estrategias pedagógicas y por lo general proporcionan mecanismos para resolver los problemas de la etapa de composición pero no solucionan las cuestiones relacionadas con las etapas de selección y evaluación.

Todas las soluciones basadas en modelos, presentadas en el capítulo anterior, han sido analizadas tomando en consideración un conjunto de criterios comparativos derivados del análisis realizado en dicho capítulo acerca de la definición de Murray sobre la efectividad de las herramientas de autoría [88]. Estos criterios nos permitirán definir la problemática que este trabajo pretende resolver y se pueden resumir en los siguientes:

- Existencia de alguna descripción o representación de los principales componentes del material didáctico: contenidos y estrategia pedagógica.
- Presencia de información pedagógica sobre el dominio de conocimiento.
- Soporte de los estándares y especificaciones *e-Learning* dentro del proceso de desarrollo y sus productos (material didáctico obtenido)
- Existencia de soporte para las diferentes etapas del proceso de desarrollo y los mecanismos utilizados en caso de que exista tal soporte.
- Presencia de alguna información relacionada con las razones o justificaciones de desarrollo (*development rationales*).
- Soporte para las anotaciones semánticas.
- Carácter reutilizable del material obtenido. ¿De cuál de los componentes del material depende?

En la Tabla 1.1 se recoge un extracto de las contribuciones de cada una de las soluciones analizadas. Se han señalado las contribuciones más importantes de cada solución para cada criterio. Como puede apreciarse, la mayoría de las contribuciones se centran en la etapa de composición del proceso de desarrollo. En la mayor parte de las soluciones se utilizan descripciones o representaciones de un solo componente del material. Como consecuencia, en cada una de estas soluciones si se asegura el carácter reutilizable del material, éste depende del componente que ha sido descrito. En la mayoría de estas soluciones los estándares y especificaciones de *e-Learning* no se utilizan en el desarrollo y en sólo dos de ellas, IMS LD y IBM DALO se asegura su cumplimiento en el material obtenido. Entre los resultados del proceso de desarrollo basado en estos modelos, no se ha prestado atención a la presencia de anotaciones semánticas apropiadas para asegurar que los materiales creados sean localizables, recuperables y por tanto, poco se hace por potenciar su capacidad de reutilización.

Como consecuencia, la problemática de soporte a la fase de desarrollo de materiales didácticos se puede resumir en los siguientes puntos:

- Necesidad de disponer de descripciones sobre los componentes del material y los requisitos para su desarrollo, en los que se tenga en consideración las propiedades deseables como reutilización, calidad vista como su valor pedagógico y usabilidad de su interfaz además del cumplimiento de los estándares y especificaciones.
- Ausencia de métodos de desarrollo que incluyan:
 - Guías y mecanismos que ayuden a los desarrolladores (expertos o novatos) en la elección de cuál es el procedimiento que deben seguir durante la etapa de selección de acuerdo con sus necesidades específicas.
 - Guías y mecanismos que permitan la agregación e integración de los recursos en la estructura del material durante la composición del mismo.
 - Medidas, métricas y reglas que permitan controlar durante la evaluación las propiedades del material obtenido.
- Necesidad de extender la actual audiencia de los usuarios de las herramientas de autoría: desde los profesionales con conocimientos avanzados de los estándares hasta cualquiera que requiera desarrollar materiales didácticos ya sean profesores, tutores, diseñadores instructivos, etc.

Por lo tanto, es necesario contar con un marco de desarrollo que proporcione soluciones sistemáticas y racionales a esta fase de la creación de los materiales y que cubra las actuales carencias. Además es imprescindible contar con entornos de autoría de calidad basados en dicho marco de desarrollo con el objetivo de guiar y apoyar a los desarrolladores a encarar la complejidad del desarrollo.

Características/ Solución	TeachML	IBM DALO	KBMM	OUEML/ IMS LD	PALO
Representación de contenidos	Unidades o módulos reusables /sub-módulos/átomos	Objetos de aprendizaje (LO-OA)	Unidades de instrucción /Tópicos (Temas)	LO-OA/ tests QTI	Como cursos o unidades estructuradas
Representación de estrategias pedagógicas	No tiene soporte	Estrategia basada en procedimientos (paso a paso) utilizando SCORM	No tiene soporte	Descripción común para la estructura y comportamiento de diferentes estrategias pedagógicas (PoBL, CL, PBL, Procedimientos)	A través de diferentes componentes del proceso educativo: Subprocesos, secuencias, prerrequisitos, planificaciones y contenidos
Modelo del dominio de conocimiento desde la perspectiva pedagógica.	No incluye Información Pedagógica	No incluye Información Pedagógica	Tipo de conocimiento: hechos, conceptos, principios.	No incluye Información Pedagógica	Modelo de capas: Contenidos, Actividades, Estructuras, Secuenciación, Administración
	Jerarquía de Tópicos (Temas)	Grafo de tópicos / Relaciones de Generalización y especialización	Jerarquía de Tópicos (Temas)/		Ontologías instructivas para cada dominio de conocimiento
	Relaciones de Generalización y especialización		Relaciones de Generalización y prerrequisitos		
Soporte de los estándares de <i>e-Learning</i>	No tiene soporte	SCORM, IMS LOM	No tiene soporte para los estándares de <i>e-Learning</i>	IMS LOM, IMS SS, IMS QTI/IMS LD	No tiene soporte
Producto cumple con los estándares de <i>e-Learning</i>	TeachML documents/ XML	SCORM, IMS LOM		IMS LD	No tiene soporte, pero pueden realizarse transformaciones para que los productos sean compatibles con IMS LD
Etapa de selección	No tiene soporte	Tópicos, restricciones de aprendizaje, preferencias del usuario.	No tiene soporte	No tiene soporte	No tiene soporte
		<i>Crawling mechanism</i> (Mecanismo de rastreo)			
Etapa de composición e integración	Conjunto de lenguajes: Contenidos, Estructura de contenidos Integración de módulos Referencias	Utiliza la información del grafo de tópicos	Arquitectura de Decision	Utilizando la estructura de la UoL	Utiliza Ontologías instructivas
		Reglas de secuencias para los contenidos basadas en la estrategia pedagógica	Lecciones/Tópicos- nivel de Tópicos /Presentación de contenidos /Eventos		Arquitectura de capas

Características/ Solución	TeachML	IBM DALO	KBTMM	OUEML/ IMS LD	PALO
Etapa de evaluación	No tiene soporte	Coherencia de contenidos usando los grafos de temas y la estrategia pedagógica	No tiene soporte	No tiene soporte	No tiene soporte
Anotaciones semánticas	Cada módulo tiene anotaciones sobre su integración y adaptación	No tiene soporte	No tiene soporte	Es considerada como opcional	No tiene soporte
Justificaciones o razones del desarrollo (Development rationales)	No tiene soporte	No tiene soporte	No tiene soporte	No tiene soporte	No tiene soporte
Reusabilidad de contenidos	El mismo contenido puede representarse en diferentes formatos	Diferentes contenidos utilizando la misma estrategia pedagógica	No tiene soporte	El mismo contenido utilizando en diferentes estrategias pedagógicas	No se especifica
Reusabilidad de la estrategia pedagógica	No tiene soporte	No tiene soporte	No tiene soporte	Diferentes contenidos utilizando la misma estrategia pedagógica	Utilización de las Ontologías instructivas

Tabla 1.1. Tabla comparativa de los aportes de las diferentes soluciones basadas en modelos presentadas en el Estado de la cuestión.

3.2 Objetivos

El análisis de las soluciones actuales a la problemática del desarrollo de los materiales didácticos nos lleva a pensar y a plantear nuestra hipótesis de trabajo de la siguiente forma: El desarrollo puede ser soportado de forma efectiva si se cuentan con los medios que permitan describir sus componentes fundamentales: contenidos y estrategia pedagógica, para asegurar sus propiedades deseables, es decir, carácter reutilizable, calidad (vista como su usabilidad y su utilidad o valor pedagógico) y el cumplimiento con los estándares y especificaciones de *e-Learning*. Además es preciso contar con un método que guíe las diferentes etapas del desarrollo: selección, composición y evaluación. Por lo tanto, esta hipótesis de trabajo se puede detallar como sigue:

- H1.1. Si se dispone de medios para describir los componentes del material y los requisitos para que sea soporte efectivo de un determinado proceso educativo.
- H1.2. Si se cuenta con un método capaz de procesar dicha información y que sirva de guía a las diferentes etapas del desarrollo
- H2. Estos medios y guías servirán para crear herramientas de autoría que ofrezcan un soporte efectivo al desarrollo de materiales didácticos y ayudarán a los desarrolladores a afrontar la complejidad de esta fase de la creación de los materiales.

La idea es que los usuarios de dicha herramienta puedan especificar los requisitos del material con un alto grado de abstracción sin necesidad de conocer los detalles de los estándares y su implementación, y la herramienta, utilizando la información del modelo, guiada por el método sea capaz de inferir los detalles de más bajo nivel del diseño del material, permitiendo ensamblar los componentes del material en tiempo de ejecución o entrega y la generación de las debidas anotaciones semánticas, que incluyen elementos del modelo como descriptores del material y la razones de su desarrollo, favoreciendo su localización y futura reutilización. A través de esta herramienta también se comprobará la calidad del material obtenido a partir de la valoración de su utilidad pedagógica y la usabilidad de su interfaz, de modo que se pueda asegurar su capacidad para “soportar-apoyar” la consecución exitosa de los objetivos de aprendizaje de un proceso educativo y su potencial calidad.

De acuerdo con la metodología utilizada para esta investigación, la hipótesis antes expuesta será la base de una solución susceptible de ser evaluada cualitativa y empíricamente. Como consecuencia los objetivos de nuestra solución serán los siguientes:

- O.1. Diseño del modelo o marco conceptual subyacente para la herramienta de soporte al desarrollo, que abarca los objetivos:
 - O1.1. El diseño de un meta-modelo, que describa los elementos que compondrán el modelo de los materiales didácticos y que cumplirán con las propiedades previamente especificadas. (H1.1)
 - O1.2. La definición de un método que guíe el desarrollo de los materiales utilizando la información facilitada por el modelo. (H1.2)
- O.2. Diseño de la arquitectura para una herramienta de autoría de naturaleza generativa basada en el modelo conceptual anterior. (H2)

3.3 Planteamiento de solución

Con vistas a comprobar la validez de la hipótesis planteada se ha diseñado una solución que abarca los objetivos anteriores. La solución lleva el nombre de MD2, acrónimo de Método de Desarrollo de Materiales Didácticos y su automatización. El modelo MD2 describe de forma general los componentes del material: contenidos y estrategia pedagógica; los requisitos sobre sus características deseables a través de descriptores o elementos del modelo agrupado en cuatro vistas: Dominio de Conocimiento (DC), Pedagógica (P), Soporte (S) y Calidad-Usabilidad (C-U).

La idea es que los descriptores del modelo y las relaciones existentes entre ellos permitan definir correspondencias entre las descripciones de alto nivel técnico provenientes de los estándares *e-Learning* con descripciones de los requisitos del material más simples y cercanos al lenguaje de sus creadores. De acuerdo con ello, las relaciones y correspondencias entre elementos de las vistas DC, P y S facilitan la información necesaria para guiar el desarrollo en sus fases de selección y composición. Por otra parte, un conjunto de los elementos de la vista C-U se utilizarán durante la etapa de evaluación para controlar y valorar la usabilidad de la interfaz del material, su valor pedagógico y por tanto, ofrecer información al desarrollador sobre la calidad del material creado.

El método MD2 está compuesto por un conjunto de 5 pasos: Entrada de Requisitos, Selección de recursos, Composición, Evaluación y Generación de anotaciones semánticas. El primer paso, Entrada de Requisitos, se basa en recopilar información empleando preguntas simples a los desarrolladores sobre los requisitos del material. Estas preguntas siguen un orden lógico, en primer lugar se cuestiona sobre la vista DC puesto que el dominio de conocimiento será la base sobre la que se desarrollará el proceso de enseñanza y aprendizaje. En segundo orden estarán las preguntas relativas a los elementos de la vista P que determinarán los requisitos del material de carácter pedagógico. A continuación se presentan las preguntas relacionadas con la vista S que definirán los requisitos del soporte tecnológico del material. Las respuestas a cada una de estas preguntas serán los datos de entrada a los mecanismos de inferencia basados

en las restricciones y axiomas definidos en el meta-modelo MD2 que ayudarán a localizar y en algunos casos a crear, los recursos de contenidos en el paso 2 del método, Selección de recursos, que ofrece soporte a la etapa de selección del desarrollo. Los mecanismos de inferencia también utilizan un subconjunto de estas respuestas para en el paso 3, Composición, para obtener las correspondencias entre los requisitos establecidos y los elementos del modelo de información del estándar de entrega y publicación, de forma que se define y completa la estructura de presentación del material durante la etapa de composición del desarrollo. El paso 4 del método, Evaluación, se dedica facilitar los medios para poder valorar la utilidad pedagógica y su capacidad como apoyo efectivo del proceso educativo determinada por la usabilidad de su interfaz. Los resultados de estas evaluaciones serán de gran utilidad para los desarrolladores puesto que les proporcionarán cierto grado de confianza sobre la calidad y efectividad del material recién creado. Por último, en el paso 5 del método, todos los valores asignados a los elementos del modelo MD2 y las razones de las decisiones de cada etapa del desarrollo se almacenarán de forma automática como anotaciones semánticas extendidas del material al concluir el desarrollo. Se consideran anotaciones extendidas porque algunas de ellas no están consideradas dentro del estándar de anotación IEEE LOM. De esta forma se asegurará la futura localización y recuperación del material favoreciendo su posible reutilización.

Modelo y método son las bases de una herramienta de autoría de carácter generativo, que como explicamos en el capítulo Estado de la cuestión, utilizará la información del modelo que especifica requisitos particulares de carácter pedagógico, soporte tecnológico o del dominio de conocimiento y gracias al procesamiento de dicha información por los mecanismos basados en el método permitirá obtener de manera semi-automática los componentes del material, su integración y comprobar su calidad.

3.4 Aportaciones esperadas

En esta sección se presenta brevemente cuáles son las aportaciones que esperamos obtener con este trabajo y analizamos las diferencias principales de dichas aportaciones respecto a las soluciones actuales al desarrollo de materiales didácticos.

Las aportaciones de nuestro trabajo pueden resumirse en las siguientes:

- El modelo MD2 que describe de forma general los requisitos para el desarrollo de materiales didácticos desde una perspectiva representada por cuatro vistas: Dominio de Conocimiento, Pedagógica, Soporte tecnológico y Calidad.
- El modelo MD2 utiliza los descriptores de los requisitos pedagógicos y tecnológicos relacionados con los contenidos y la estrategia pedagógica para establecer correspondencias con las descripciones de alto nivel técnico proporcionadas por los estándares de *e-Learning*. Estas correspondencias son utilizadas por el método MD2 para guiar y dar soporte a las etapas de selección y

composición del desarrollo de materiales. Y gracias a estas descripciones es posible asegurar la interoperabilidad del material obtenido.

- Los descriptores de la vista de Calidad del modelo MD2 permiten controlar que el material creado satisface ciertos requisitos mínimos de usabilidad de su interfaz y utilidad pedagógica. Gracias a ello, una vez que culmina la etapa de evaluación, los desarrolladores tendrán cierto grado de confianza sobre la capacidad del material para servir de soporte efectivo a una determinada situación instructiva y de su calidad potencial.
- En el método MD2 se define que toda la información que ha sido utilizada a lo largo del proceso de desarrollo se guarde en forma de anotaciones semánticas extendidas en el mismo Repositorio. Estas anotaciones incluyen los descriptores del modelo MD2 y las justificaciones de cada decisión tomada durante el desarrollo (*development rationales*). La disponibilidad de estas anotaciones permitirá asegurar el potencial de accesibilidad, reutilización y la capacidad de personalización del material obtenido.

Esta solución ofrece soporte para las tres etapas del desarrollo de los materiales a través de las descripciones de sus componentes fundamentales: contenido y estrategia pedagógica utilizando cuatro vistas: DC, P, S, C-U. En la vista DC se ha incluido la información pedagógica del dominio de conocimiento que es utilizada para controlar la elección de los contenidos y la estrategia pedagógica más apropiados durante la etapa de selección. En MD2, se asegura la interoperabilidad del material y su potencial carácter reutilizable puesto que la información de los estándares y especificaciones *e-Learning* se utilizan en el proceso de desarrollo para garantizar su cumplimiento en el producto obtenido. Además se proporcionan los mecanismos necesarios para asegurar que los materiales didácticos resultantes del proceso de desarrollo contengan anotaciones semánticas apropiadas. Por otra parte, la forma en que se ha concebido los mecanismos de integración para la etapa de composición, es decir, insertar referencias de carácter dinámico de la estrategia pedagógica y los contenidos seleccionados en la estructura de presentación y ejecución del material, asegura que la reutilización del material obtenido esté asegurada para ambos componentes.

Una vez que se concluyen las tareas relacionadas en los pasos 3 y 4 de la Metodología de investigación y que se explican detalladamente en el Capítulo 7 dedicado a la Evaluación. En el Capítulo 8, se realiza una valoración la certeza de cada una de las aportaciones esperadas de nuestra solución y el carácter general de la hipótesis de trabajo.

Capítulo 4 Solución: Definición del meta-modelo MD2

4.1 Introducción

Este es el primero de una serie de tres capítulos donde se presenta en profundidad la solución que nuestra hipótesis de trabajo propone a la problemática del soporte al desarrollo de materiales didácticos explicada en el capítulo anterior.

Nuestra propuesta de solución lleva el nombre de MD2, acrónimo de Método de Desarrollo de Materiales Didácticos y su automatización. Ésta se ha desarrollado dentro del marco de dos proyectos subvencionados por el Plan Nacional I+D del Ministerio de Ciencia y Tecnología: MD2: Método de desarrollo de materiales educativos extendidos y su automatización (TIC2003-03654) y MODUWEB: Desarrollo basado en modelos de sistemas web usables de Tele-Educación (TIN2006-09678).

La propuesta de solución está basada en un marco de desarrollo formado por un modelo, que describe las características fundamentales sobre los componentes del material, los requisitos para su desarrollo y para el control de su calidad vista como su utilidad pedagógica y usabilidad de su interfaz; por un método, que utilizando la información proporcionada por el modelo, define guías y mecanismos para ayudar al desarrollador a través de las diferentes etapas del desarrollo: *selección, composición y evaluación*; y la arquitectura de una herramienta que permitirá la implementación del marco de desarrollo propuesto.

El modelo MD2 describe de forma general los componentes del material: contenidos y estrategia pedagógica y los requisitos para su desarrollo relativos a un dominio de conocimiento, de naturaleza pedagógica, de soporte técnico y de calidad a través de descriptores o elementos del modelo agrupados en las cuatro vistas: Dominio de Conocimiento (DC), Pedagógica (P), Soporte (S) y Calidad-Usabilidad (C-U). En la sección Soluciones basadas en modelos pedagógicos (2.6.1.2) del capítulo de Estado de la cuestión se analizaron los EMLs como soluciones que permiten describir y definir contenidos y procesos educativos desde una perspectiva pedagógica, que se han denominado en este trabajo componentes del material didáctico. El meta-modelo MD2 tiene como objetivo facilitar el desarrollo de materiales, cuya estructura de presentación y entrega se puede describir utilizando modelos de información de especificaciones o estándares *e-Learning*, EMLS y en especial la especificación IMS LD.

La idea es que los descriptores del modelo y las relaciones existentes entre ellos nos permitan definir correspondencias entre las descripciones de alto nivel técnico

provenientes de los estándares *e-Learning* con descripciones de los requisitos del material, más simples y cercanas al lenguaje de sus creadores. Las relaciones y correspondencias entre algunos elementos de las vistas DC, P y S facilitaran la información necesaria para guiar el desarrollo en sus fases de selección y composición. Por otra parte, una vez obtenido el material, un conjunto de los elementos de la vista C-U se utilizarán para controlar y valorar la calidad del material vista como su valor pedagógico y la usabilidad de su interfaz durante la etapa de evaluación.

En este Capítulo 4, nos dedicaremos a presentar la definición formal del meta-modelo, cada una de sus vistas y sus elementos. Para cada uno de los elementos de este meta-modelo se describe el por qué de su existencia, cuál es su estructura, así como el formato y vocabulario que se empleará en cada uno de ellos. El Capítulo 5 está dedicado a la presentación del método, que proporcionará los medios necesarios para ofrecer soluciones sistemáticas y racionales a la fase de desarrollo dentro del proceso de creación de los materiales y que intenta cubrir las actuales carencias. Por último en el Capítulo 6, concluimos la descripción de nuestra solución presentando la arquitectura de una herramienta de autoría basada en el modelo y método propuestos por nuestra solución, cuyo objetivo fundamental es guiar y apoyar a los desarrolladores a encarar la complejidad del desarrollo.

En las siguientes secciones de este capítulo presentamos en detalle, la definición del meta-modelo MD2, cada una de sus vistas, sus relaciones y elementos.

4.2 Descripción general del meta-modelo

Con el ánimo de contar con descripciones generales sobre los requisitos para el desarrollo del material, sus principales componentes y características deseables se ha diseñado un meta-modelo compuesto por un conjunto de elementos que permiten describir los componentes fundamentales de los materiales didácticos: contenido y estrategia pedagógica y que han sido agrupados en cuatro vistas mostradas en la Figura 4.1. De acuerdo con Koper en [66] para obtener un diseño armónico de un determinado proceso educativo soportado por las tecnologías de la Información y Comunicaciones es preciso tomar en consideración aspectos y requisitos de carácter organizativo, pedagógico y tecnológico que conforman el proceso. Tomando en cuenta lo anterior, las vistas del meta-modelo presentan elementos distinguibles, observables y cuantificables de cada una de las tres áreas que reúnen los requisitos o características deseables de los materiales didácticos para servir de soporte efectivo al proceso educativo llevado a cabo en un contexto tecnológico [95].

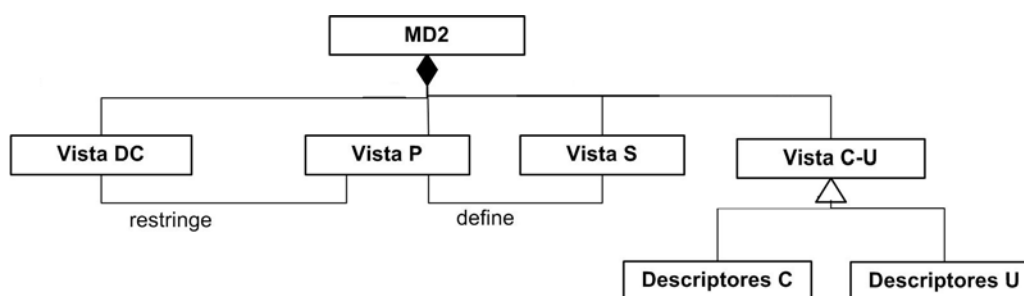


Figura. 4. 1. Vistas del modelo MD2

Para describir los componentes fundamentales del material didáctico: *contenido* y *estrategia pedagógica*, hemos tomado en consideración la definición de material didáctico que hemos presentado en el capítulo Estado de la cuestión como “la conjunción de una colección de contenidos, en forma de objetos de aprendizaje con una estrategia pedagógica, definida por un diseño instructivo y en forma de unidades de aprendizaje, que sirve de guía durante el proceso educativo”. Como consecuencia el meta-modelo incluirá el concepto de material representado por sus componentes representados formalmente utilizando UML como en la siguiente figura y empleando lógica de descripciones como en la Tabla A2.1. Se han elegido las lógicas de descripción como medio para el modelado conceptual del dominio que nos ocupa porque permiten obtener modelos de información a partir de los cuales es posible realizar razonamiento automático inferido a partir del conocimiento representado explícitamente en tales modelos, comprobar su corrección, completitud; facilidades claves para solucionar problemas de configuración de software. En el caso que nos ocupa en este trabajo, se ha tratado del desarrollo de materiales didácticos como un problema de configuración: los materiales didácticos, se consideran artefactos software formados por dos componentes: contenidos y estrategia pedagógica. En el Anexo 1 se profundiza en las razones y experiencias que avalan el uso de la lógica de descripciones como medio de representación formal para el meta-modelo.

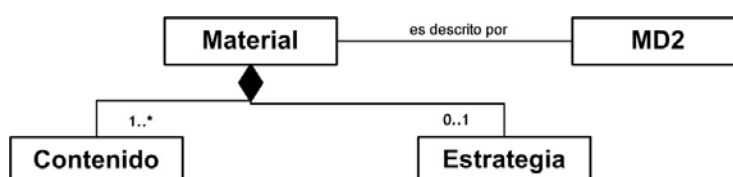


Figura. 4. 2. Componentes del material didáctico

Las características deseables o requisitos generales a considerar en durante el desarrollo se pueden enmarcar en tres áreas o disciplinas generales: el dominio de conocimiento, el área pedagógica y el área tecnológica, como soporte para el proceso educativo [66] [69].

Las cuatro vistas del meta-modelo, presentadas en la Figura 4.1, se relacionan con estas áreas de la siguiente forma:

- Vista del dominio: Representa el dominio de conocimiento sobre el que versan los contenidos del proceso de educativo (enseñanza/aprendizaje o formación) y facilita la información pedagógica de este dominio de conocimiento, definida de acuerdo con Murray en [88].
- Vista pedagógica: Representa el área pedagógica, donde se definen las propiedades de los contenidos desde esta perspectiva y las características de la estrategia pedagógica, pautas a seguir y objetivos a alcanzar durante un proceso educativo en particular.
- Vista del soporte tecnológico: Representa las características del área tecnológica como elemento de la infraestructura de soporte del proceso educativo.
- Vista de usabilidad-calidad: Está estrechamente relacionada con el área tecnológica. En esta vista se definen un conjunto de elementos que ayudarán a comprobar que una vez creado el material, éste satisface las expectativas de sus desarrolladores respecto a los requisitos planteados y si realmente sirve de soporte efectivo para alcanzar los objetivos y tareas del proceso educativo.

Las instancias de este meta-modelo, es decir, los modelos que describan los requisitos particulares de una determinada situación de desarrollo de un material didáctico servirán como base para guiar la fase de desarrollo de este material. Los elementos de ese modelo como base del método de desarrollo permitirán guiar las diferentes etapas del desarrollo: selección, composición y evaluación. Como resultado se podrán desarrollar materiales desde cero, es decir, en las etapas de selección y composición será posible crear los contenidos adecuados a los requisitos pedagógicos y del dominio de conocimiento, descritos por los elementos de las vistas P, DC y se ensamblaran con la estrategia pedagógica más apropiada según los requisitos pedagógicos y de soporte tecnológico, descritos por los elementos de las vistas P y S. También se podrán desarrollar materiales utilizando versiones de algunos o todos los componentes de materiales existentes, de diferente granularidad como: preguntas de tests (QTI ítems), objetos de aprendizaje (con estructuras basadas en paquetes de contenidos IMS CP) o elementos IMS LD: unidades de aprendizajes (UoL) actos, estructuras de actividades, actividades, que cumplan con los requisitos del dominio de conocimiento, pedagógicos y de soporte tecnológico, expresados a través de los elementos de las diferentes vistas del modelo y que han sido localizados y recuperados de repositorios de materiales.

En la etapa de evaluación, los elementos de la vista C-U, serán utilizados en la evaluación formativa del material obtenido. La evaluación formativa tiene el propósito de identificar los aspectos del objeto evaluado que necesitan ser mejorados tomando en consideración determinados criterios y facilitar sugerencias para su corrección [127]. A través de esta evaluación los desarrolladores tendrán la oportunidad de expresar su conformidad respecto al comportamiento del material y si sus propiedades son capaces de satisfacer los requisitos planteados inicialmente y si además, permiten

alcanzar los objetivos del proceso educativo. En caso de disconformidad, los mecanismos de evaluación definidos para procesar la información de los elementos de esta vista, facilitarán al diseñador los datos necesarios para ajustar, rediseñar o completar el material, de forma que se logre satisfacer dichos requisitos.

La implementación del método de desarrollo basado en instancias del modelo, se materializará en una herramienta de autoría, que guiará al desarrollador a lo largo de la fase de desarrollo del proceso de creación. A través de la interacción del diseñador con este tipo de herramienta, cada uno de los elementos que constituyen el modelo irá tomando valores, cuyos límites están definidos por las relaciones y restricciones de cada una de las vistas del meta-modelo, de forma que al concluir el desarrollo del material, se tendrá un conjunto de anotaciones semánticas que faciliten su posible reutilización y que además representen las motivaciones o razones que fundamentaron su desarrollo (*development rationales*).

En las siguientes secciones presentamos en detalle cada una de las vistas del meta-modelo MD2. Los elementos definidos para cada vista se presentan formalmente utilizando UML y se representan empleando lógica de descripciones en el Anexo 2.

4.2.1 Vista del Dominio de Conocimiento (DC)

Los elementos de la vista del Dominio de Conocimiento (DC) representan la información pedagógica de un determinado dominio de conocimiento, es decir, las propiedades fundamentales del dominio al que pertenece la temática o disciplina presentada en los contenidos del material y que tienen una relación directa con los posibles procesos de aprendizajes basados en este dominio [88]. Para el diseño de esta vista se ha analizado la forma en que se representan y describen las estructuras de un dominio de conocimiento en taxonomías o sistemas de clasificación como el Dublín Core [37] y el catálogo de la Biblioteca del Congreso (*The Library of Congress Cataloging System* (LCC)) [70] o el Cuerpo de Conocimiento del Plan de estudios de la titulaciones de Ciencias de la Computación recomendada por ACM [2]. Finalmente hemos optado por representar la estructura de la disciplina de los contenidos del material como el elemento fundamental para esta vista. En la Figura 4.4 aparece mostrada como Características Disciplina y en el meta-modelo se ha nombrado como *DC_disciplina*. Dicha estructura responde a un esquema muy similar al descrito por ACM [1;2] para el Cuerpo de Conocimiento del Plan de estudios para las titulaciones de de Ciencias de la Computación. Ésta es una estructura de carácter jerárquico de tres niveles, donde el nivel más alto se corresponde con un Área de Conocimiento (AC), que representa una disciplina en particular de este dominio. Cada área de conocimiento se divide a su vez en pequeñas divisiones denominadas Unidades de Conocimiento (UC), que representan

módulos temáticos individuales dentro de tal área. Y en el último escalón de esta estructura están el conjunto de temas o tópicos en el que se divide cada unidad de conocimiento mostrado en la Figura 4.4 como Conjunto Temas $s_{UC}(\text{Temas})$. Cada uno de estos tópicos o temas tiene asociado un conjunto de objetivos educativos que puede promover, es decir una enumeración de las habilidades, conocimientos o aptitudes a alcanzar en un proceso de aprendizaje basado en ese tema mostrados como Objetivos educativos, además de una estimación del tiempo necesario para lograr tales objetivos que se muestra como Tiempo recomendado. La información que proporciona esta estructura deberá ser extraída de Ontologías educativas para un determinado dominio de conocimiento, de forma que sea posible instanciar los elementos de esta vista. En aquellos casos en los que se necesite crear materiales en los que se necesiten incluir contenidos relacionados con temas de diferentes dominios de conocimiento, se deberá extraer esta información de las Ontologías educativas que describan esos dominios y para poder instanciar elementos de la vista DC para cada uno de los dominios, de forma que sea disponer de los datos necesarios para localizar los contenidos basados en tales temas.

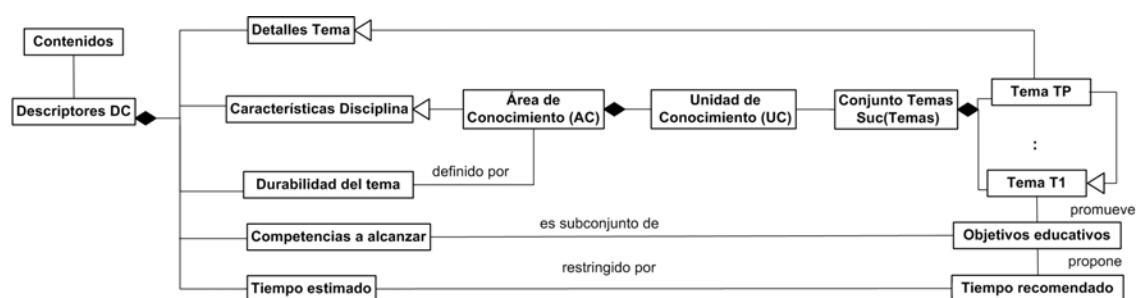


Figura. 4. 3. Elementos de la vista Dominio de Conocimiento

La utilización de este tipo de estructura, como elemento fundamental de la vista DC, facilitará descripciones más precisas acerca de los requisitos pedagógicos del dominio de conocimiento, de gran utilidad para realizar la etapa de selección y que además pueden ser empleadas durante la etapa de composición para establecer las correspondencias apropiadas entre la estructura de los contenidos y su integración con los plantillas para la presentación y ejecución basadas en las especificaciones y estándares *e-Learning* como IMS LD, IMS QTI o SCORM. Por ejemplo, un material para un curso de Fundamentos de la Programación [2], puede incluir temas relacionados con las “Estructuras de Datos básicas” y “Las estructuras para el desarrollo de la programación”, tópicos que pertenecen al conjunto de temas $s_{UC}(\text{Temas})$ de la Unidad de Conocimiento (UC) “Construcciones fundamentales de Programación”, del área de conocimiento (AC) “Fundamentos de programación”. Se considera además que algunos de los objetivos de aprendizaje, Objetivos educativos, de estos tópicos están relacionados con “Conocer y aplicar conceptos y técnicas basadas en el paradigma orientado a objetos en las tecnologías fundamentales de información”. Si al analizar el

resto de los requisitos pedagógicos y de soporte tecnológico se decide que éste sea un curso basado en IMS LD, entonces esta especificación servirá de base para utilizar una plantilla que represente una estructura para el curso formada por una unidad de aprendizaje (UoL) que contenga dos actos, uno para tratar cada tópico. Cada uno de los actos podrá contener actividades para los profesores y estudiantes, que permitan a estos últimos alcanzar los niveles de competencias especificados y comprobar el grado de las competencias alcanzadas, en función de la estrategia pedagógica que se haya elegido para este material.

El resto de los elementos que componen la vista del Dominio de Conocimiento y que han sido reflejados en la figura anterior son: los Detalles del tema, que se representa en el meta-modelo como el elemento *DC_tema*; las Competencias a alcanzar a través del empleo del material como subconjunto de los Objetivos educativos que potencia o promueve el tema, que se ha representado como el elemento *DC_listaCompetencias* en el meta-modelo; el Tiempo estimado para la ejecución del material, que dependerá del Tiempo recomendado para alcanzar cada objetivo educativo y que se ha nombrado en el meta-modelo como el elemento *DC_tiempoEstimado* y la durabilidad del tema, que se ha representado como el elemento *DC_durabilidad*. A continuación presentamos en detalle cada uno de estos elementos de la vista DC, sus atributos, formato y relaciones con otros elementos. En aras de hacer un poco más clara la explicación del elemento *DC_Tema*, una vez que se presente el elemento *DC_disciplina* se explicará el elemento *DC_listaCompetencias*, para el resto de los elementos se seguirá el orden en que se han enunciado anteriormente.

4.2.1.1 Características de la disciplina *DC_disciplina*

Como habíamos explicado, el elemento *DC_disciplina* permite tener información sobre la disciplina en la que se enmarca el tema sobre el que tratarán los contenidos del material, específicamente se dispondrá de la información pedagógica del dominio de conocimiento al cual pertenece dicho tema, que ha sido representado como el elemento *DC_tema*. Las características de la disciplina permitirán localizar una temática dentro de un determinado dominio de conocimiento al disponer de información sobre el área de conocimiento *AC*, las unidades de conocimiento *UC* que la integran, el conjunto de tópicos o temas *s_{UC}(Temas)* de cada unidad, al cual pertenece el tema y las relaciones de precedencia entre estos temas. Así como de la información sobre los objetivos educativos que cada tema permite potenciar durante el desarrollo del proceso educativo, el tiempo que se propone como necesario para alcanzarlos.

Este elemento *DC_disciplina*, tendrá un atributo identificador, *Id*, que se especificará a través de una cadena de caracteres que contenga los identificadores del

Área de Conocimiento y de la Unidad de conocimiento representados con el formato: “Área de Conocimiento”+”Unidad de Conocimiento”.

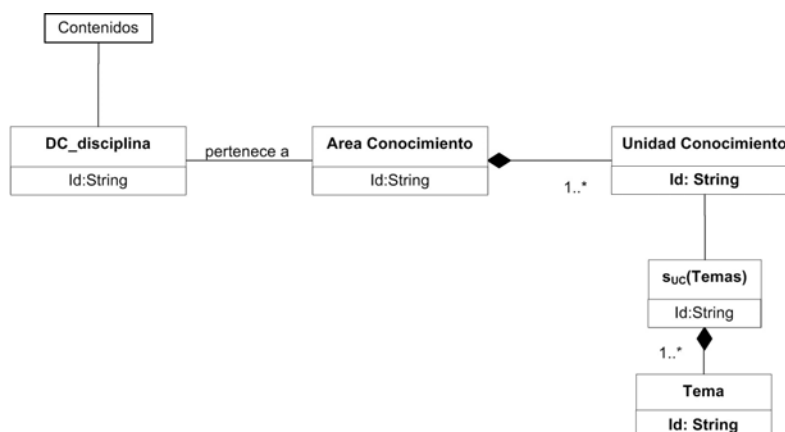


Figura. 4. 4. Detalles del elemento *DC_disciplina*

Cada elemento *UC*, incluye un conjunto de temas s_{UC_Temas} , representado en la Figura 4.5 como $s_{UC}(Temas)$, en el que se especificará una lista del conjunto de temáticas, que se tratan en dicha unidad de conocimiento, de manera que el identificador de s_{UC_Temas} se representará como una cadena de caracteres que incluirá:

$$ID (s_{UC_Temas}) = \text{“Tema 1”} + \dots + \text{“Tema n”}$$

Siendo *n* es la cantidad de temas incluidos en la Unidad de Conocimiento y el orden en que se presentan se corresponde con las relaciones de precedencia entre las temáticas definidas en la Ontología educativa.

En la Tabla A.2.2 se muestra la representación formal de este elemento utilizando lógicas de descripción *ALC*.

4.2.1.2 Competencias que puede desarrollar DC_listadoCompetencias

Este elemento define los detalles sobre las habilidades cognitivas o competencias pueden desarrollarse o deben alcanzarse al concluir el proceso de aprendizaje utilizando el material que se desea desarrollar. El elemento *DC_listadoCompetencias* está compuesto por un listado de las competencias o habilidades que potencian (el) o los tópicos elegidos para el elemento *DC_tema*.

La descripción de los objetivos educativos incluye la definición de cada una de las posibles competencias a alcanzar y tomando en cuenta la generalización de las propuestas de Paquette en [105] y Bloom en [16] se pueden expresar a través de una cadena de caracteres que contenga:

“Nivel de aprendizaje/Tipo de competencia” + “Verbos más utilizados/Nombre de la competencia” + “Conceptos relacionados”

Donde los valores para Nivel de aprendizaje, Tipo de competencia y los verbos comúnmente usados para cada competencia se muestran ordenados del nivel más primario o menos complejo al más complejo en la Tabla 4.2. Esta tabla se ha construido a partir de la generalización de las propuestas de Paquette en [105] y Bloom en [16] para la definición de objetivos educativos. Mientras que los Conceptos relacionados se corresponden con los nombres de los conceptos que deben abordarse en la temática seleccionada y descrita por *DC_tema*.

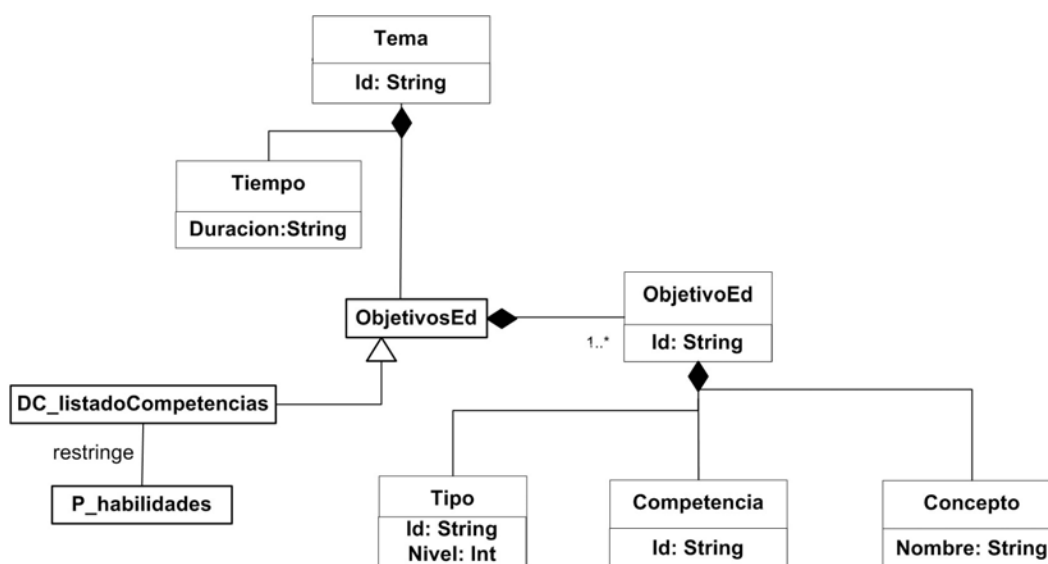


Figura. 4. 5. Detalles del elemento *DC_listadoCompetencias*

Para la descripción del nombre de la Competencia, *Competencia*, se define un atributo identificador *Id*, con un formato de tipo String, cuyo valor se deberá corresponder con alguno de los elementos mostrados en la columna correspondiente a “Verbos más utilizados” de la Tabla 4.2.

Para el tipo de competencia, *Tipo*, se define un atributo identificador *Id*, de tipo String, cuyo valor se deberá corresponder con alguno de los elementos mostrados en la Tabla 4.3 en la columna “Nivel de Aprendizaje o Tipo de Competencia”. Además se ha definido otro atributo *Nivel* n de tipo Integer, que se corresponde con el grado de complejidad o nivel de competencia especificado. Tomando en consideración los dos tipos de aprendizajes resumidos en la Tabla 4.2, para el caso del Aprendizaje cognitivo el orden o nivel será 1 para el tipo de Competencia Conocimiento y 8, para Pensamiento Organizado, mientras que para el Aprendizaje social el orden será 1 para el Tipo de Competencia: Habilidades motoras y 3, para Comportamiento social.

La información proporcionada por los componentes de un objetivo educativo: su nombre de competencia (*Competencia*) y tipo (*Tipo*), facilitará la selección de los contenidos para el material y además, servirá para su composición pues permitirá conocer el orden en que se integrarán los diferentes contenidos seleccionados a la estructura del material.

Tipo de aprendizaje	Nivel de aprendizaje- Tipo Competencia	Verbos más utilizados
Cognitivo	Conocimiento	Conocer - Reconocer - Saber - Definir - Memorizar - Repetir - Listar Recordar - Nombrar -Relacionar (como lista)- Citar - Exponer-Plantear Decir - Identificar - Percibir - Catalogar - Clasificar -Etiquetar
	Comprensión	Comprender - Replantear - Discutir - Describir - Reconocer - Tratar Explicar - Expresar - Identificar- Localizar - Informar - Revisar Contar - Convertir -Interpretar- Exponer-. - Responder - Entender
	Aplicación	Aplicar -Traducir - Interpretar - Utilizar - Demostrar - Representar-Practicar - Ilustrar - Operar - Programar- Esbozar - Relacionar(asociar) Preparar - Mostrar - Iniciar- Influir - Expresar - Desempeñar -Cumplir
	Análisis	Analizar - Distinguir - Diferenciar- Calcular - Experimentar - Probar Comparar - Contrastar - Criticar- Diagramar - Inspeccionar - Debater Inventariar - Preguntar - Relacionar - Asociar - Discriminar - Bosquejar- Ajustar - Adaptar - Clasificar
	Síntesis	Sintetizar - Componer - Planifica - Proponer - Diseñar - Formular Ordenar - Unir - Reunir - Recopilar - Recabar - Construir Crear - Organizar - Gestionar - Preparar - Combinar - Compilar Desarrollar - Integrar - Modificar
	Evaluación	Evaluar - Juzgar - Valorar - Tasar - Medir - Comprobar Revisar - Puntuar - Medir - Comparar - Puntuar - Seleccionar Escoger - Pesar - Sopesar - Concluir
	Pensamiento organizado (High order thinking) Aplicar análisis, síntesis y evaluación para resolver problemas complejos	Evaluar - Crear - Conducir - Analizar
Social	Habilidades motoras	Demostrar - Ejecutar - Mover - Mostrar
	Valores y Actitudes	Respetar - Demostrar - Expresar
	Comportamiento social	Representar (perform)

Tabla 4.1. Valores para la composición de los elementos *ObjetivosEd* y *DC_listadoCompetencias*.

La ordenación se realizará tomando en cuenta las siguientes reglas:

DC-comp1. Para un mismo concepto, los contenidos se ordenaran en función del orden de los niveles de competencias definido para cada objetivo.

DC-comp2. Para conceptos diferentes, primero se tomará en consideración si pertenecen a la misma temática. Si es la misma temática, se considerará el orden de los niveles de competencias de los objetivos. Si son diferentes, se considerarán las relaciones de precedencia entre las temáticas y luego los niveles de competencias.

A continuación explicamos como se aplican estas reglas de ordenación. Sean A, B dos conceptos de una misma temática, el orden para la composición de los contenidos tendrá en cuenta el orden de los niveles de las competencias descrito para los objetivos relacionadas con los conceptos A y B. Si las competencias relacionadas con A son del Tipo Conocer y las de B, son del Tipo Comprender, el orden definido por el Nivel de la competencia relativa a A es 1 y el de la relativa a B es 2, por lo que se propondrá tratar primero el concepto A y luego, el concepto B. Estas no constituyen reglas de ordenación rígidas, sino que el desarrollador podrá verificar y cambiar este orden que propone la regla si lo considera apropiado.

En el caso en que A y B sean conceptos de temáticas diferentes, se tomará en cuenta las relaciones entre dichas temáticas. Si la temática a la que pertenece el concepto A precede a la temática a la que pertenece el concepto B, entonces la ordenación será primero tratar el concepto A y luego el concepto B.

Gracias al elemento *DC_listadoCompetencias* se podrá definir el conjunto o listado de valores que puede tomar el elemento Habilidades cognitivas de vista Pedagógica, *P_habilidades*, cuya función es ayudar al desarrollador a seleccionar cuáles serán los objetivos educativos, cuyo logro deberá potenciar el material. En muchas situaciones de desarrollo no será necesario potenciar todas las competencias descritas por *DC_listadoCompetencias* sino un subconjunto de ellas, por lo que el desarrollador podrá elegir las que considere oportunas. En la Tabla A.2.3 se muestra la representación formal de este elemento utilizando lógicas de descripción *ALC*.

4.2.1.3 Detalles del tema DC_tema

El elemento *DC_tema* se utilizará para definir los detalles de la temática sobre la que tratará el material a crear y permitirá realizar la selección de los contenidos del material. Éste deberá ser un tema reconocido dentro de una Ontología educativa de un determinado dominio de conocimiento, de forma que sea posible obtener su información de carácter pedagógico especialmente relacionada con los objetivos educativos que puede promover y el tiempo estimado para alcanzar estos objetivos. En la Figura 4.6 se muestra la definición del elemento *DC_tema*.

El atributo identificador de *DC_tema*, *Id*, tendrá un formato tipo String que permitirá definir el nombre del tema y se especificará como una cadena de caracteres, que el usuario o desarrollador podrá escoger de una lista de posibles temas, definidos en

$s_{UC}(Temas)$ del elemento $DC_disciplina$, de esta forma se evitan contradicciones cuando una temática es nombrada de diferentes formas en diferentes Ontologías educativas de un mismo dominio. Los objetivos educativos que puede promover el tema se pueden describir como un conjunto de $ObjetivoEd$ y mientras que el tiempo propuesto para alcanzar los objetivos se describirá a través del elemento $Tiempo$, cuyo atributo $Duracion$ permitirá almacenar una cadena de caracteres que describa el tiempo propuesto. En la Tabla A.2.4 se muestra la representación formal de este elemento utilizando lógicas de descripción ALC .

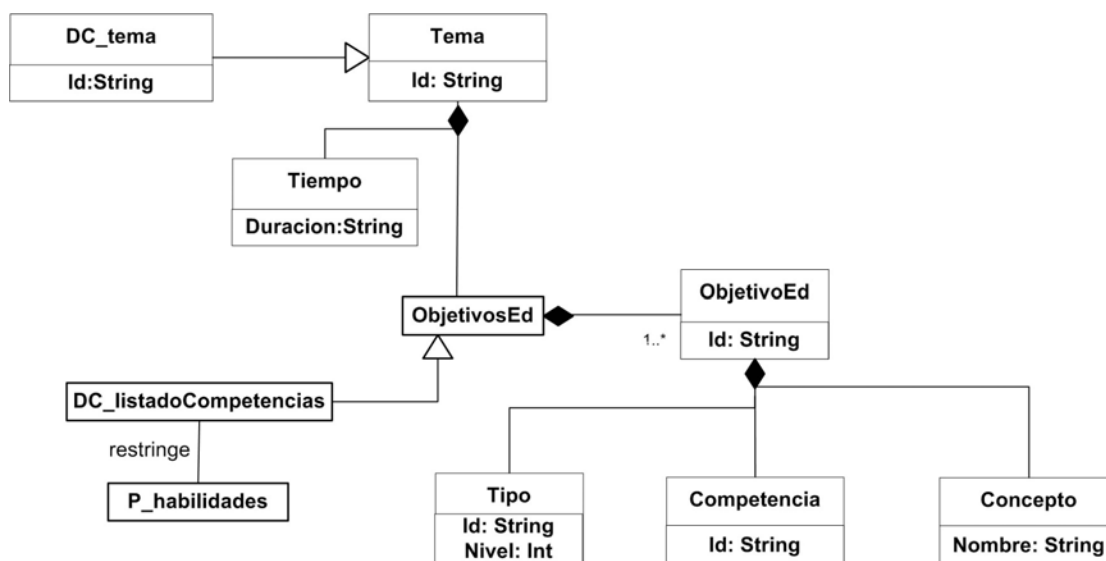


Figura. 4. 6. Detalles del elemento DC_tema

4.2.1.4 Tiempo estimado $DC_tiempoEstimado$

Este elemento establece los requisitos de terminación para la ejecución del material a través del intervalo de tiempo que se ha estimado necesario para alcanzar las competencias expresadas en $DC_listadoCompetencias$. Este elemento será de utilidad puesto que será una referencia que permite delimitar el valor del requisito pedagógico que determina el esfuerzo en tiempo que permitirá alcanzar los objetivos educativos y las condiciones de tiempo determinación en la presentación del material.

Para delimitar el valor que puede tomar el elemento $DC_tiempoEstimado$ se ha considerado como referencia el tiempo mínimo recomendado para alcanzar los objetivos educativos de la temática elegida en DC_tema y perteneciente al conjunto $s_{UC}(Temas)$, que componen la Unidad de Conocimiento UC .

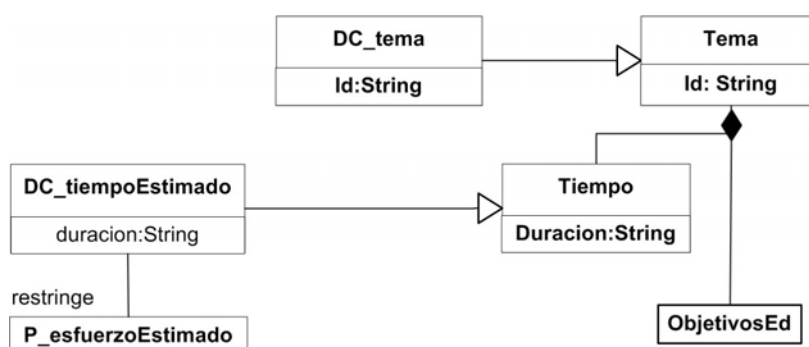


Figura. 4. 7. Detalles del elemento *DC_tiempoEstimado*

En la Figura 4.7 se muestra las relaciones del elemento *DC_tiempoEstimado*. Como atributo para *DC_tiempoEstimado* se ha considerado la duración, *Duracion*, como se muestra en la figura, que se representará en formato de horas y minutos puesto que otras unidades como créditos dependen de las horas invertidas o necesarias para alcanzar las competencias. Se utilizará como formato de presentación una cadena de caracteres (String) con el formato hh:mm:ss correspondiente a horas: minutos: segundos. En la Tabla A.2.5 se muestra la representación formal de este elemento utilizando lógicas de descripción *ALC*.

4.2.1.5 Durabilidad del tema *DC_durabilidad*

Este elemento permite tener en cuenta el grado de evolución o variabilidad a lo largo del tiempo de los contenidos de la temática escogida *DC_tema*. Gracias a él es posible establecer de forma aproximada el posible grado de reutilización del material. Existen temáticas que casi no varían sus contenidos a lo largo del tiempo y que por lo tanto que se consideran como persistentes, en consecuencia tendrán un potencial mayor para que los contenidos basados en ella puedan ser reutilizados; mientras que hay temáticas que varían con mayor frecuencia, consideradas como esporádicas que sólo permiten reutilizar aquellos contenidos relacionados con los conceptos básicos que son más estables.

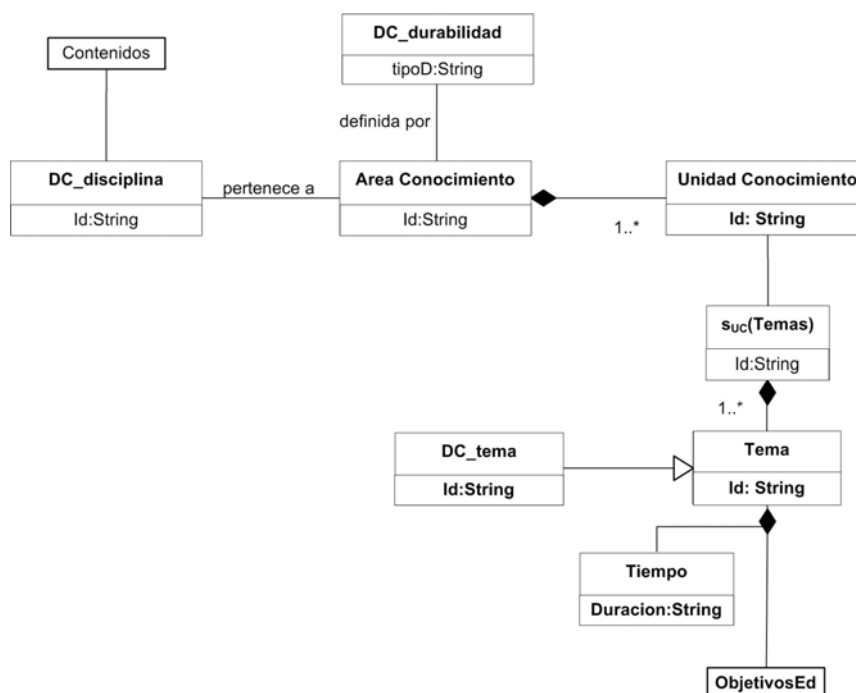


Figura. 4. 8. Detalles del elemento *DC_durabilidad*

Para el elemento *DC_durabilidad*, como se muestra en la figura anterior, se ha definido un atributo tipo, *TipoD*, que proporcionará información sobre el potencial de reutilización del material. Este atributo tendrá un formato de cadena de caracteres y los posibles valores pertenecerán al conjunto de valores formado por los términos esporádico y persistente. En la Tabla A.2.6 se muestra la representación formal de este elemento utilizando lógicas de descripción *ALC*.

4.2.1.6 Resumen de la vista DC

A manera de resumen la vista DC permite describir un material didáctico facilitando la información pedagógica del dominio de conocimiento al que pertenecen los contenidos del material. Los contenidos incluyen información sobre determinados conceptos pertenecientes a una determinada temática, *DC_tema*, del conjunto de temáticas de una determinada disciplina de conocimiento, *DC_disciplina*. Dicha temática debe potenciar el logro de ciertos objetivos educativos, *DC_listadoCompetencias*, relacionados con un conjunto de conceptos en un tiempo determinado. El potencial de reutilización de los contenidos depende de la variabilidad en el tiempo de la disciplina de conocimiento, *DC_durabilidad*. Las definiciones y relaciones entre estos elementos se muestran resaltadas en la Figura 4.9.

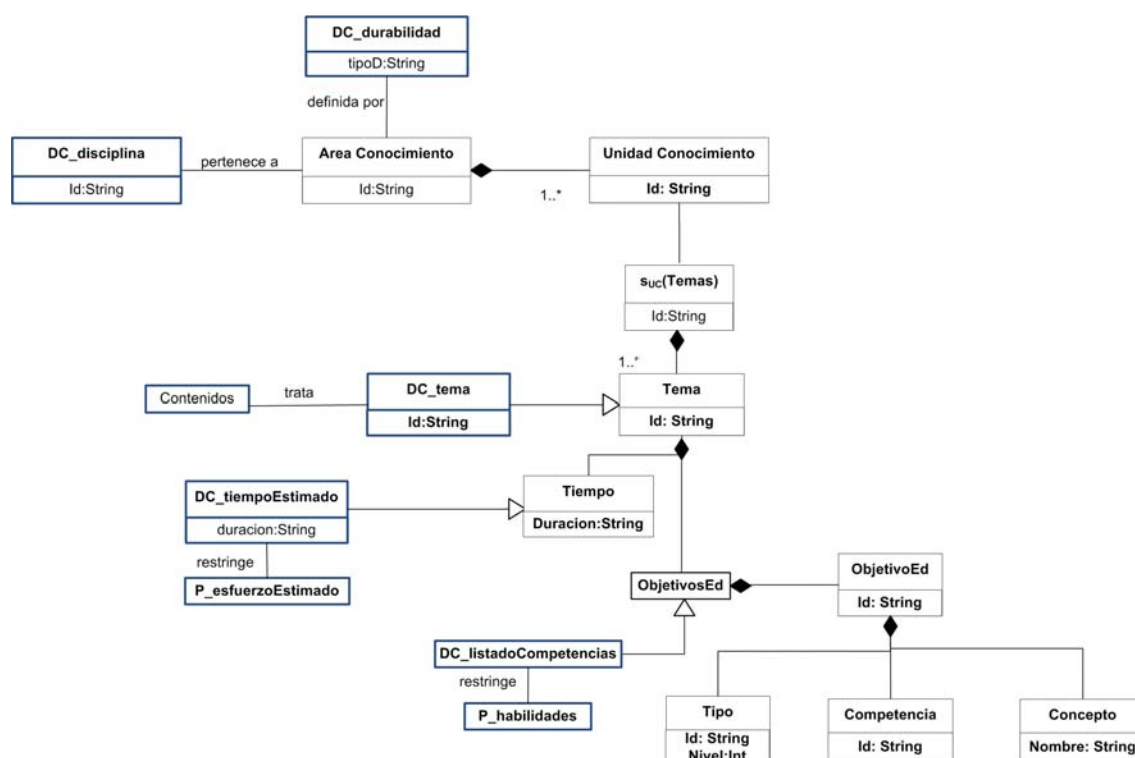


Figura. 4. 9. Detalles de los elementos de la vista DC

4.2.2 Vista Pedagógica (P)

Esta vista contiene detalles específicos sobre la información pedagógica del material que se necesita desarrollar, de forma que se dispondrá de aquellos elementos que faciliten la selección de los contenidos y permitan describir y seleccionar la estrategia pedagógica que deberá guiar el proceso educativo al que debe servir como soporte el material que se necesita desarrollar. La información de estos elementos permitirá ayudar al desarrollador en sus decisiones para la etapa de selección, entre las opciones de crear el material desde cero a partir de estrategias pedagógicas que cumplen con los requisitos y que se representan a través de determinadas plantillas de estructura y ejecución o las opciones de realizar variaciones sobre materiales que tienen propiedades semejantes a los requisitos planteados reutilizando ciertas estrategias pedagógicas o ciertos contenidos.

Esta vista tiene como eje central las definiciones de los componentes del material: los contenidos y la estrategia pedagógica a través de un conjunto de elementos que describen estos componentes desde la perspectiva pedagógica.

Tomando en consideración que la web es la plataforma por excelencia para el desarrollo del proceso educativo en *e-Learning*, los contenidos son aplicaciones software de tipo hipermedia que se presentan en un navegador. Estos contenidos son contenedores, formados por enlaces y nodos, en los que se presenta la información

sobre una determinada temática y según el tipo de contenido servirán para potenciar el alcance de ciertos objetivos educativos o para comprobar el nivel alcanzado de estos objetivos. Los enlaces facilitan la conexión de nodos en función de las relaciones existentes entre la información contenida en los nodos y permiten la definición de la estructura del contenido.

Una estrategia pedagógica es básicamente la definición de rutas de aprendizaje basadas en la organización de ciertos contenidos, el planteamiento de actividades que deben llevar a cabo los estudiantes utilizando tales contenidos, las tareas de asistencia y soporte a estas actividades por parte de los docentes, así como el establecimiento de evaluaciones de acuerdo con la técnica didáctica que más se ajusta a una determinada situación instructiva [29].

Los elementos de la vista Pedagógica, representados en la Figura 4.10, se encargan de describir los requisitos de carácter pedagógico del material que se necesita desarrollar, tales como el tipo de material, representado como *P_tipoMaterial*, que define los posibles tipos de material, cuya granularidad asegure la posible reutilización del material y a los que es posible asociar una determinada estrategia pedagógica. Las características y las guías que constituyen la estrategia pedagógica, representada por el elemento *P_estrategia* que definirá el proceso para alcanzar ciertos objetivos educativos a través de la utilización de los contenidos. Además se incluyen las habilidades cognitivas, representadas a través del elemento *P_habilidades*, cuya finalidad es la descripción y enumeración de los objetivos educativos que se pretenden alcanzar empleando el material didáctico que se desea desarrollar. Las restricciones de tiempo para el material estarán descritas por el esfuerzo estimado, *P_esfuerzoEstimado*, que permite definir el tiempo que el desarrollador considera necesario para alcanzar los objetivos educativos previamente definidos. Mientras que nivel de complejidad de los retos cognitivos a los que deberá enfrentarse el estudiante para alcanzar los objetivos educativos en el tiempo previamente determinado se define por medio del elemento dificultad, se ha representado como *P_dificultad*. Algunos de estos elementos pueden parecer iguales a los de la vista anterior, debemos aclarar que los elementos de la vista P son específicos para la situación de desarrollo o proceso de desarrollo particular, mientras que los de la vista DC tienen carácter general. A continuación explicamos en detalle cada uno de estos elementos de la vista P, sus atributos, formato y relaciones con otros elementos.



Figura. 4. 10. Elementos de la vista Pedagógica

4.2.2.1 Tipo de material P_tipoMaterial

Este elemento define el tipo de material que se desea desarrollar de manera que se asegure una granularidad apropiada que permita su reutilización. En él se incluyen cuáles son los elementos o partes que componen un material. A través de este elemento se dispondrá de información para poder definir o seleccionar la estrategia pedagógica que más se ajuste a los requisitos del proceso educativo. Los detalles y relaciones de ese elemento se han mostrado en la Figura 4.11. La información sobre los componentes del tipo de material tiene el objetivo de facilitar las correspondencias con los elementos de los modelos de información de las especificaciones y estándares *e-Learning*: IMS CP, IMS QTI e IMS LD que permitirán su ejecución y entrega, de manera que se pueda conocer la estructura del material como paso previo a la etapa de composición. Tomando en consideración las razones anteriores los atributos del elemento *P_material* serán: un identificador, *IDTipo*, que permite definir que tipo de material se desarrollará y *Componentes* que definirá si ese tipo de material puede descomponerse en partes para las que pueda establecerse correspondencias con los elementos de los modelos de información de las especificaciones.

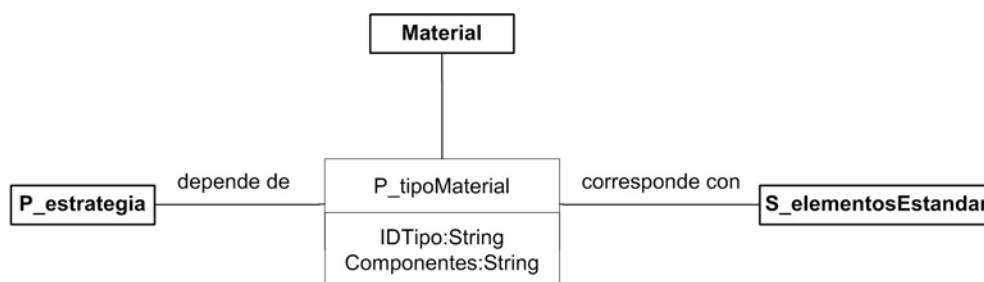


Figura. 4. 11. Detalles del elemento *P_tipoMaterial*

A continuación explicamos los posibles valores para el atributo identificador, *IDTipo*, que se representará como una cadena de caracteres y se han mostrado en la Tabla 4.3. Estos valores se corresponden con cada uno de los posibles tipos de materiales que se podrán desarrollar tomando en consideración las definiciones de unidad de aprendizaje y de objetos de aprendizaje utilizadas en nuestro trabajo y se han ordenado de menor a mayor granularidad. Los objetos de aprendizaje y las evaluaciones serán considerados materiales de menor granularidad que las unidades de aprendizaje, puesto que estas últimas pueden estar compuestas por un determinado número de objetos de aprendizaje y actividades de evaluación. Para cada tipo se definen además cuáles los valores son componentes y las posibles correspondencias con los elementos de modelos de información de las especificaciones.

Tipos de materiales	Identificador	Componentes y Correspondencias
Objetos de aprendizaje	<i>IDTipo</i> LO	<p>Componentes: páginas, para conjunto de contenidos en formato html o paquete contenidos, para un fichero zip que contiene un conjunto de páginas que constituyen el contenido y un fichero descriptor de la estructura del conjunto.</p> <p>Correspondencias: páginas se corresponde con el elemento de IMS CP <i>cp:organization</i>, tomando en cuenta su definición en [55] como el elemento utilizado para describir una estructura jerárquica de contenidos. Paquete de contenidos se corresponde con el elemento <i>cp:manifest</i>, al considerar su definición como contenedor de una estructura jerárquica de contenidos con referencias a cada uno de los recursos que le componen.</p>
Evaluaciones -QTI	<i>IDTipo</i> QTI	<p>Componentes: pregunta-respuestas, para una pregunta con sus posibles respuestas correctas; conjunto de preguntas-respuestas para un grupo de preguntas con sus correspondientes respuestas.</p> <p>Correspondencias: pregunta-respuesta se corresponde con el elemento de IMS QTI <i>imsqti:item</i> (versión 1.2) o <i>imsqti:assessmentItem</i> (versión 2.1), de acuerdo con su definición en [61] permite incluir la información de la pregunta, las posibles repuestas correctas. conjunto de preguntas-respuestas se corresponde con <i>imsqti:assessment</i> (versión 1.2) o <i>imsqti:assessmentTest</i> (versión 2.1), que incluye un conjunto de preguntas con sus posibles respuestas, su forma de presentación y como calcular el resultado de cada una de ellas.</p>
Unidades de aprendizaje	<i>IDTipo</i> UoL	<p>Componentes: Conjunto de actividades que realizan profesores y/o estudiantes utilizando determinados contenidos y basándose en un técnica pedagógica específica; Estrategia completa, conjuntos de actividades siguiendo una</p>

		<p>técnica pedagógica específica. Véase más adelante la definición de <i>P_estrategia</i> y de sus componentes.</p> <p>Correspondencia: Según el tipo actor al que está dirigida la actividad está se corresponderá con los diferentes tipos del elemento de IMS LD <code>imslld:activity</code> de acuerdo con su definición en [56]. Siendo los contenedores de las descripciones de la actividad que deben llevar a cabo tales actores para alcanzar ciertos objetivos. Los contenidos se asocian a la actividad correspondiente a través de los elementos <code>imslld:environment</code> de cada <code>imslld:activity</code>. La estrategia pedagógica se describe utilizando el elemento <code>imsllearningdesign</code> en dicha descripción se incluye la secuencia y sincronización de las diferentes actividades que den realizar los diferentes tipos de participantes utilizando los elementos <code>imslld:act</code>, <code>imslld:role-play</code>. Estos serán los que incluyan las descripciones del conjunto de actividades, definidas para cada rol o tipo de participante, agrupadas en los elementos <code>imslld:activity-structure</code></p>
--	--	---

Tabla 4.2. Descripción los diferentes tipos de materiales considerados en el elemento *P_tipoMaterial*.

Este elemento servirá además para seleccionar una estrategia pedagógica que se ajuste al resto de los requisitos pedagógicos a partir de listado de las posibles estrategias recomendadas para la disciplina de conocimiento representada por *DC_disciplina*, que definirán la manera de lograr los objetivos del proceso educativo y. Además permitirá recomendar cuál es el estándar o especificación sobre *e-Learning* más adecuado para la presentación y entrega del material que se necesita crear. En la Tabla A.2.7 se muestra la representación formal de este elemento utilizando lógicas de descripción *ALC*.

4.2.2.2 Habilidades cognitivas *P_habilidades*

El elemento Habilidades cognitivas, *P_habilidades*, permitirá al desarrollador definir o seleccionar el conjunto de habilidades cognitivas o competencias que se quieren alcanzar a través de la utilización del material a desarrollar. Si consideramos que un

material didáctico no tiene necesariamente que potenciar la consecución de todas las habilidades cognitivas relacionadas con una temática, este elemento estará formado por un subconjunto del listado de competencias declarado para la temática sobre la que versan los contenidos del material a crear. Es decir, será un subconjunto de *DC_listadoCompetencias* como se ha representado en la Figura 4.12.

Los valores de este elemento estarán formado por el subconjunto de las aquellas competencias listadas en el elemento *DC_listadoCompetencias* de la Vista DC, que reúne el conjunto de competencias que se pueden desarrollar en un proceso educativo basado en la temática elegida. La presentación de cada una de las competencias se corresponde con el formato explicado para el elemento *DC_listadoCompetencias*.

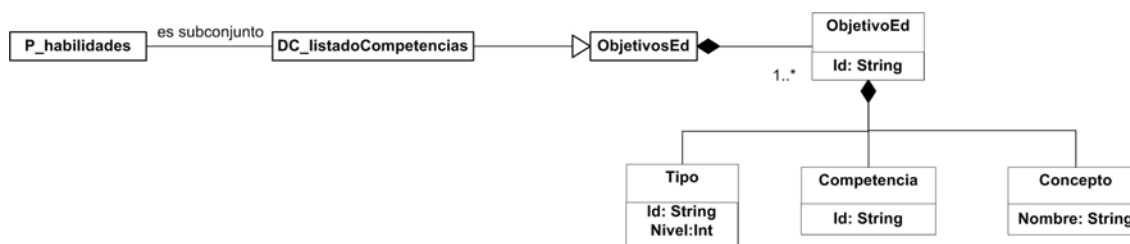


Figura. 4. 12. Detalles del elemento *P_habilidades*

En la Tabla A.2.8 se muestra la representación formal de este elemento utilizando lógicas de descripción *ALC*.

4.2.2.3 Estrategia pedagógica *P_estrategia*

Este elemento permite determinar qué tipo de estrategia pedagógica es necesaria para que el tipo de material *P_tipoMaterial* que se desea crear pueda servir de soporte efectivo para alcanzar los objetivos educativos de una situación instructiva particular descritos según el elemento *P_habilidades*.

Una estrategia pedagógica es básicamente la definición de rutas de aprendizaje basadas en la organización de ciertos contenidos, el planteamiento y descripción de las actividades que deben llevar a cabo los estudiantes utilizando tales contenidos, las tareas de asistencia y soporte a estas actividades por parte de los docentes, así como el establecimiento de evaluaciones de acuerdo con la técnica didáctica que más se ajusta a una determinada situación instructiva [29]. A partir de esta definición de la estrategia pedagógica se han definido los componentes fundamentales del elemento *P_estrategia*: tipo de estrategia, actividades, contenidos y participantes. Éstos se muestran en la Figura 4.13.

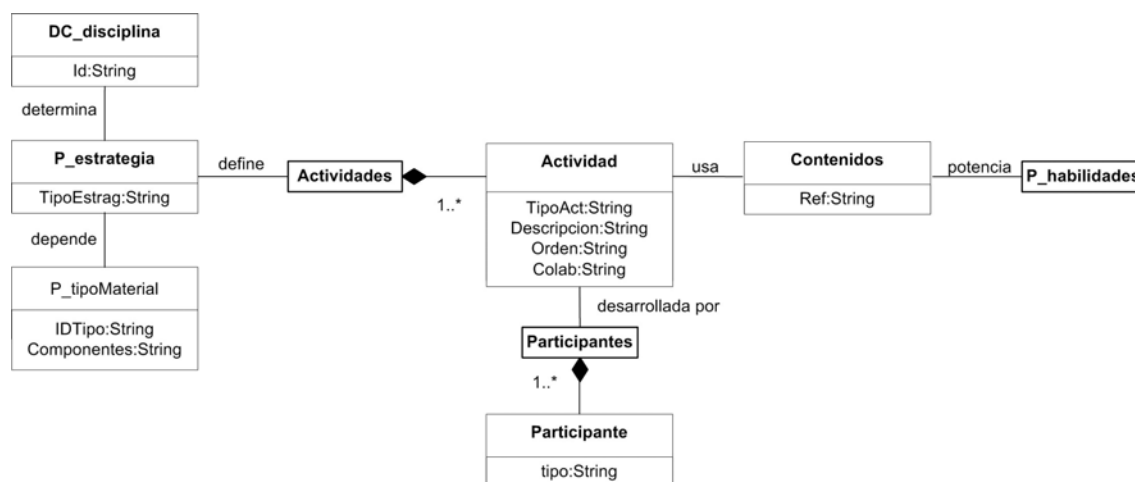


Figura. 4. 13. Detalles del elemento *P_estrategia*

Para la *Actividad* se ha definido un atributo *TipoAct*, cuyo valor deberá ser una cadena de caracteres que permita diferenciar los tipos de actividades descritas en la estrategia. Es decir, las actividades específicas realizadas por los diferentes participantes: actividades relacionadas con teoría (valor *actividad_teoría*); actividades para desarrollo de prácticas como solución de problemas, desarrollo de aplicaciones (valor *actividad_práctica*) y las actividades de comprobación de las habilidades u objetivos educativos definidos por *P_Habilidades* (valor *actividad_evaluación*). Además se han definido otros dos atributos *Descripción* y *Orden*. *Descripción* tomará valor en formato de una cadena de caracteres, en la que se incluya una breve explicación de la actividad. Mientras que el valor para *Orden* será un número entero, que describirá el orden de la actividad en la secuencia de actividades descrita por la estrategia. Por último se ha incluido el atributo *Colab*, cuyo valor también será una cadena de caracteres que permita definir si la actividad tendrá un carácter colaborativo o individual. Los dos posibles valores para este atributo serán Si para actividades colaborativas y No, para las actividades individuales. El elemento Contenido contendrá en el atributo *Ref* una cadena de caracteres con la referencia a un conjunto de contenidos que potencien las Competencias que se necesitan alcanzar. En la Tabla A.2.9 se muestra la representación formal de este elemento utilizando lógicas de descripción *ALC*.

Existe una amplia variedad de técnicas didácticas que permiten definir las diferentes estrategias pedagógicas, estas técnicas dependen además de la disciplina del Dominio de Conocimiento sobre la que deberá tratar el material, *DC_disciplina*. La selección de la estrategia pedagógica más adecuada para una situación instructiva depende además, del tipo de material que se necesita desarrollar *P_tipoMaterial* y del tipo de los objetivos educativos o habilidades cognitivas que se necesitan alcanzar *P_habilidades*.

La dependencia del elemento *P_tipoMaterial* es válida únicamente para el caso de las unidades de aprendizajes, en las que tiene sentido hablar de una estrategia pedagógica que determina su planificación. En el caso de que el tipo de material sean

objetos de aprendizaje y las evaluaciones al ser considerados como contenidos asociados a una unidad de aprendizaje, se asume que son elementos independientes de la estrategia pedagógica para asegurar la futura reutilización tanto de la estrategia como de sus contenidos, por lo que no tal existirá relación de dependencia.

Para el caso de la relación de dependencia entre la estrategia pedagógica y el dominio o disciplina de conocimiento se han considerado los resultados del estudio realizado en el Tecnológico de Monterrey para la instauración de su nuevo modelo educativo [76], sobre la categorización de las técnicas didácticas en relación a diferentes dominios de conocimientos, a partir del análisis de su efectividad como guías para el proceso de aprendizaje en tales dominios. En dicho estudio se valoró la experiencia en la aplicación las diferentes técnicas y sus resultados en procesos educativos, basados en diferentes dominios de conocimiento y desarrollados en diversas universidades de prestigio a nivel internacional como las Universidades de Harvard, de Minnesota, de Texas en Estados Unidos, de Twente y Maastricht en Holanda, la Universidad de Aalborg en Dinamarca, entre otras. Como resultado de la categorización, se determinó que para el caso del dominio de Ciencias de la Computación, en el que nos hemos centrado, las técnicas más recomendadas eran: el aprendizaje basado en problemas [13], aprendizaje orientado a proyectos [124] y el aprendizaje colaborativo o cooperativo [26, 36]. Por esa razón al definir el elemento *P_estrategia* se ha considerado como un atributo el tipo de la estrategia, *TipoEstrag*, cuyo formato es una cadena de caracteres que se corresponderá con el nombre de la técnica pedagógica más recomendada para el material que se desea desarrollar. Como valores posibles para este atributo se han considerado cada una de las técnicas mencionadas anteriormente, “ABP” para el aprendizaje basado en problemas, “AOP” para el aprendizaje orientado a proyectos, el valor “AC” para el aprendizaje colaborativo o cooperativo y “PROC” para el aprendizaje basado en procedimientos. Además se ha incluido el valor “Otras” de forma que garanticemos la generalidad de los elementos del meta-modelo MD2 y sea posible describir otras técnicas más adecuadas para otros dominios de conocimiento.

Gracias al elemento *P_estrategia* que describe una estrategia pedagógica, una vez que se haya seleccionado el medio de entrega que necesario para el material que se está desarrollando se podrá disponer de información para seleccionar la especificación o estándar de entrega y como resultado, se podrá tener una plantilla para la presentación y entrega del material al establecer las correspondencias entre los atributos del elemento *P_estrategia* con los elementos del modelo de información de dicha especificación o estándar *S_elementosEstandar*. Estas relaciones del elemento *P_estrategia* se representan formalmente en la Tabla A2.9.

Además, en la sección A.1.2.3 del Anexo 2 presentamos la definición por medio de lógica de descripciones de las instancias de *P_estrategia* para cada una de las estrategias consideradas en el dominio de conocimiento Ciencias de la Computación.

Los ejemplos presentados son las versiones más sencillas de cada una de las estrategias pedagógicas recomendadas para el dominio de conocimiento elegido. En estas descripciones se han tomado en consideración los componentes del elemento *P_estrategia*, a partir de las cuales se pueden definir las plantillas de presentación, una vez que se disponga de las correspondencias con los elementos del modelo de información que se utilice para la presentación y entrega del material. En estos ejemplos se presentan los posibles participantes, el tipo y descripción de la técnica pedagógica, la explicación del conjunto de actividades y la secuencia en que deben desarrollarse, acompañadas de la descripción y el tipo de actividad según el participante a quien va dirigida.

4.2.2.4 Esfuerzo estimado P_esfuerzoEstimado

El elemento *P_esfuerzoEstimado* permitirá al desarrollador indicar el esfuerzo, en unidades de tiempo, que estima necesario para que los participantes en el proceso educativo puedan alcanzar los objetivos educativos previamente establecidos. El valor de este elemento será de gran utilidad a la hora de determinar el tiempo de ejecución del material que se está desarrollando, puesto que no tendrá sentido que el tiempo de ejecución sea mucho menor que el tiempo estimado para alcanzar los objetivos educativos. Por lo que su valor establecerá una restricción para el tiempo de ejecución del material, representado a través de un elemento del modelo de datos de la especificación o estándar *e-Learning* utilizada para su presentación y entrega, que se ha definido en este meta-modelo en la vista S a través del elemento *S_elementosEstandar*.

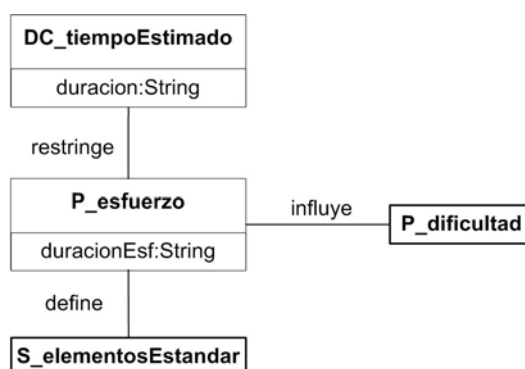


Figura. 4. 14. Detalles del elemento *P_esfuerzoEstimado*.

El valor que se defina para el atributo duración de este elemento deberá tomar en cuenta como referencia inicial el tiempo estimado *DC_tiempoEstimado* para la temática elegida, siendo el esfuerzo a definir ser mayor o igual al valor de *DC_tiempoEstimado*.

El elemento *P_esfuerzoEstimado*, presentado en la figura anterior, tendrá como atributo la duración, *duracionEsf*, que representará la el valor máximo de esfuerzo

expresado en tiempo. Este valor será menor o igual que el valor del elemento *DC_tiempoEstimado* y se representará como una cadena de caracteres con el formato similar al de ese elemento es decir, una cadena de caracteres que represente “hh:mm:ss” (horas: minutos:segundos). Además el tiempo definido por el elemento *P_esfuerzo*, determinará las facilidades que presente el material para promover el alcance de los objetivos educativos, definidas a través del elemento *P_dificultad*.

En la Tabla A.2.14 se muestra la representación formal de este elemento utilizando lógicas de descripción *ALC*.

4.2.2.5 Dificultad del material *P_dificultad*

El elemento Dificultad del material, *P_dificultad*, permite que el desarrollador definir retos a los estudiantes para alcanzar el conjunto de habilidades cognitivas establecidas basados en la limitación de algunas facilidades que se brindan, sin estas dificultades representen un detrimento de la usabilidad del material. En otras palabras, este elemento define la presentación de pistas para resolver problemas, la definición de ciertas limitaciones en el tiempo para desarrollar las actividades de evaluación, diferentes grados o niveles de penalización en la nota final por los errores cometidos, etc. Gracias a este elemento será posible también definir la complejidad en la presentación del material.

La dificultad del material, representada a través del elemento *P_dificultad* permite especificar los valores que deben tomar los elementos del modelo de información del estándar o especificación relacionados con la presentación y entrega del material, una vez que se haya definido cuál es el estándar o especificación más adecuado. Este hecho se ha tenido en consideración a la hora de incluir elementos en la Vista de Soporte del meta-modelo MD2 como *S_estandar* y *S_elementosEstandar*.

Para este elemento se ha definido un atributo, *Nive/Dif*, que refleja el nivel de dificultad como se puede apreciar en la Figura 4.15. Los valores de este atributo serán cadenas de caracteres que pertenecen al conjunto de términos [Alto, Medio, Bajo]. Para decidir el valor de este atributo se deberá tomar en consideración si se ofrecen pistas o no, si habrá limitaciones en el número de intentos para resolver problemas o actividades de evaluación y si existirán limitaciones en el tiempo.

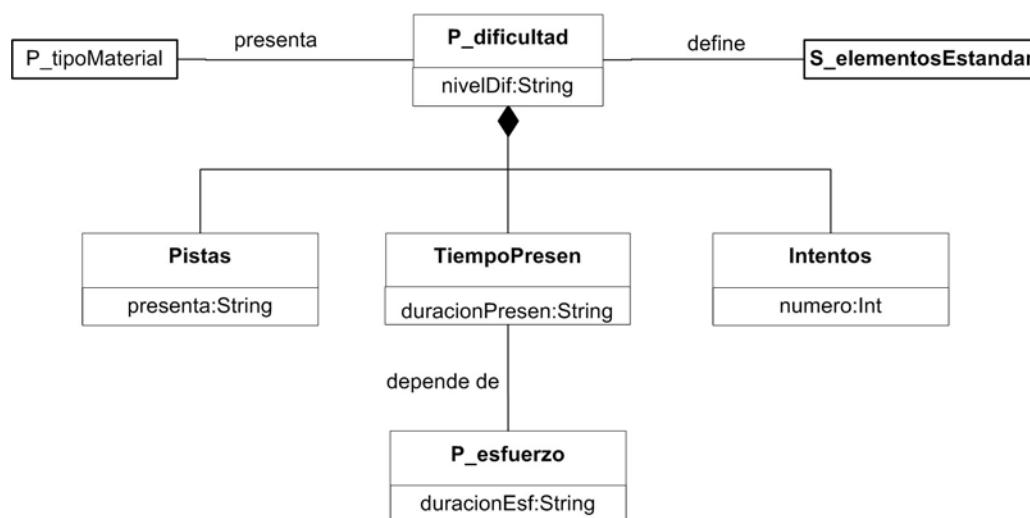


Figura. 4. 15. Detalles del elemento *P_ dificultad*.

En la Tabla 4.4 se ha presentado un conjunto de valores orientativos sobre las posibles combinaciones y el valor correspondiente para el nivel de dificultad, *NivelDif*. El valor +1 indica que el número de intentos será mayor que 1. Aunque se presentan los valores de Tiempo como “sin límite”, debe aclararse que el límite de tiempo estará determinado por el tiempo de ejecución del material dividido por la cantidad de actividades a realizar durante la evaluación y por el grado de complejidad de los objetivos educativos a alcanzar que deben evaluarse en cada actividad, que se ha definido según el atributo Nivel del Tipo de ObjetivoEd del elemento *P_habilidades*. Por lo cual, a medida que el grado de complejidad de los objetivos sea mayor deberá dedicarse más tiempo a la actividad.

Por ejemplo si se precisara que el esfuerzo para alcanzar las habilidades cognitivas fuese alto, esto se podría traducir en que no se presentaran pistas, que existiera limitación a un solo intento para resolver problemas o responder actividades de evaluación y que existieran limitaciones en el tiempo para desarrollar las actividades anteriores.

En el caso en que el desarrollador considera que el esfuerzo necesario sea medio, se podrían realizar combinaciones entre los factores anteriores manteniendo al menos dos de ellos en sus niveles más restrictivos. Por ejemplo que se presentaran pistas aunque se mantuviese la limitación de tiempo y el número de intentos siguiera siendo uno, como se ha representado en la Tabla 4.4 para el nivel medio. Otro caso sería que no se presentaran pistas, no hubiese limitación de tiempo y se mantuviera un solo intento.

Si el desarrollador necesita que el esfuerzo necesario para alcanzar el nivel definido de todas las habilidades cognitivas sea bajo, entonces se debería realizar combinaciones entre los tres elementos manteniendo al menos dos de ellos en sus niveles menos restrictivos, por ejemplo que se presentaran pistas y no se tuviera limitación de tiempo aunque se mantuviera el número de intentos en 1.

Pistas	Intentos	TiempoPres	Nivel de dificultad
No	1	límite	alto
No	1	sin límite	medio
No	+1	límite	medio
No	+1	sin límite	bajo
Si	1	límite	medio
Si	1	sin límite	bajo
Si	+1	límite	bajo
Si	+1	sin límite	bajo

Tabla 4.3. Valores orientativos del atributo Nivel de dificultad (NivelDif) para el elemento *P_dificultad*.

De acuerdo con lo explicado previamente, en la Tabla A.2.15 se muestra la representación formal de este elemento utilizando lógicas de descripción *ALC*.

4.2.2.6 Resumen de la vista P

A manera de resumen la vista Pedagógica, P, facilita las siguientes descripciones sobre un material didáctico:

- Un material didáctico está compuesto por contenidos, que tratan sobre una temática determinada y se presentan con cierto grado de dificultad.
- El material puede ser de diferentes tipos en función de la granularidad y en dependencia del tipo de material podrá tener o no asociada una estrategia pedagógica, cuyo tipo depende de la disciplina de conocimiento que engloba la temática elegida.
- La estrategia pedagógica define las actividades, con diverso tipo de dificultad, que deberán realizar los participantes del proceso educativo para alcanzar ciertos objetivos educativos, en un tiempo determinado.

Estas descripciones se pueden representar con cada uno de los elementos que componen la vista que se han resaltado en la Figura 4.16 y que se representan formalmente en la Tabla A2.16.

4.2.3 Vista de Soporte (S)

Los elementos de la vista de Soporte constituyen un conjunto mínimo de descriptores que proporcionan la información necesaria para especificar las características del medio de soporte tecnológico para el material, de manera que se aseguran algunas de las características definidas como deseables y que fueron enumeradas en el Capítulo de Estado del Arte en la sección Características deseables de los materiales didácticos (2.3). Estas características son el carácter reutilizable del material, el cumplimiento

con los estándares y especificaciones *e-Learning*, que a su vez potencian su interoperabilidad entre sistemas heterogéneos, su accesibilidad, su capacidad de personalización y de mantenimiento. Muchos de los elementos de esta vista se han definido considerando las relaciones existentes entre elementos de las Vistas del Dominio de Conocimiento (DC) y la Pedagógica (P). Gracias a estas relaciones es posible contar con la información que permite solucionar uno de los problemas relacionados con la etapa de composición del desarrollo de los materiales que sería la determinación de qué tipo de estructura (basada en las representaciones en XML de las especificaciones y estándares [55;58;61]) es necesaria para la implementación de un material y cómo los contenidos que cumplen con los requisitos descritos en la vista DC, se pueden conectar a dicha estructura para la composición del material.

En la Figura 4.18 se muestran los elementos que conforman la Vista de Soporte (S): el medio de presentación que incluye la descripción del formato, idioma y medio de soporte para la representación del material definido a través del elemento *S_Medio* y representado como Medio presentación o entrega; el tipo de interacción que podrá establecer el estudiante con el material definido a través del elemento *S_interacción* y representado como Tipo de interacción del alumno; la determinación del estándar o especificación de presentación o entrega más adecuado para el medio de representación elegido, *S_estandar*, representado como Estándar de presentación y entrega; y los elementos del Modelo de Información de dicho estándar o especificación, *S_elementosEstandar*, representados como Descriptores del modelo de información, que permitirán la presentación y ejecución del material.

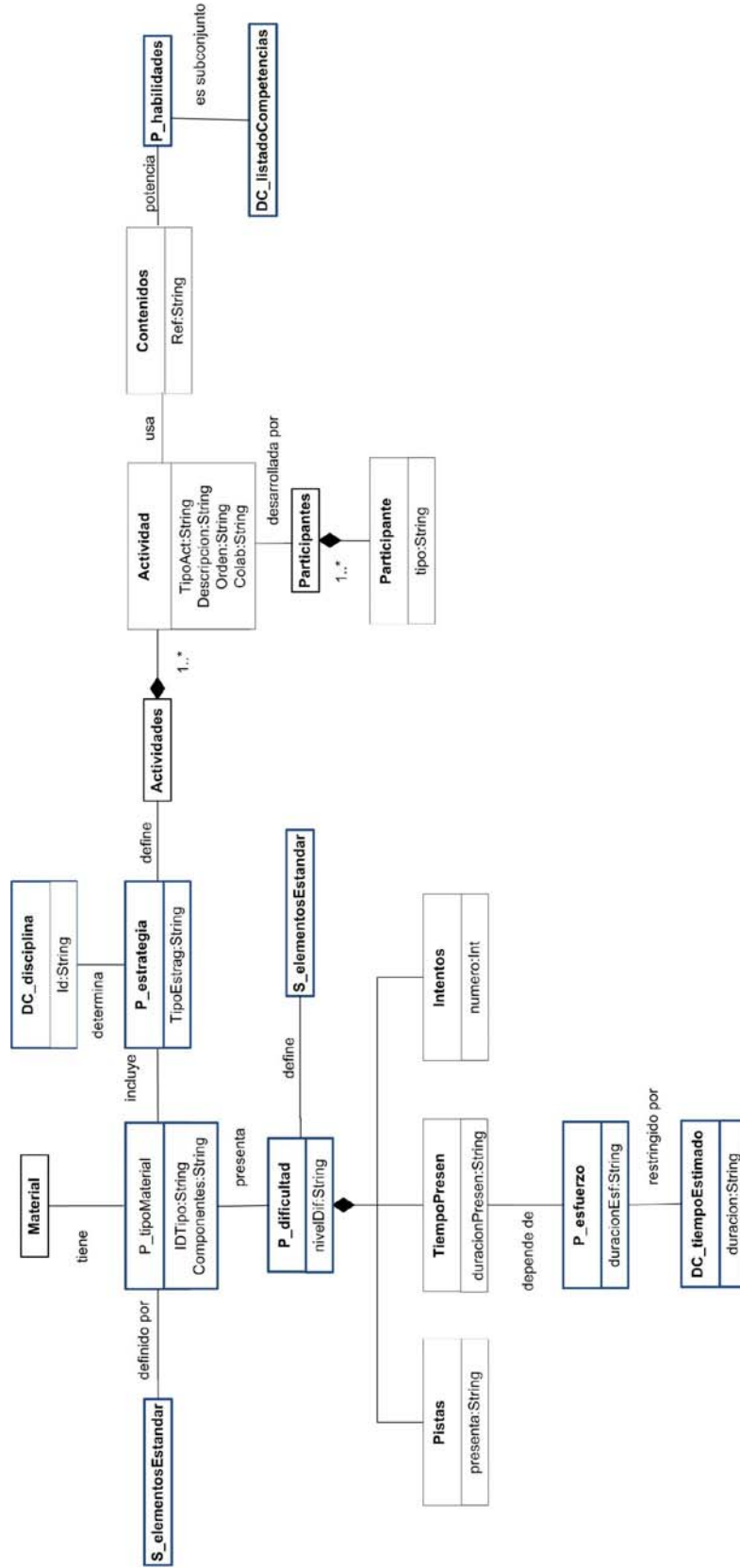


Figura. 4. 16. Detalles la vista Pedagógica (P).

A continuación explicamos en detalle cada uno de estos elementos de la vista S, sus atributos, formato y relaciones con otros elementos.

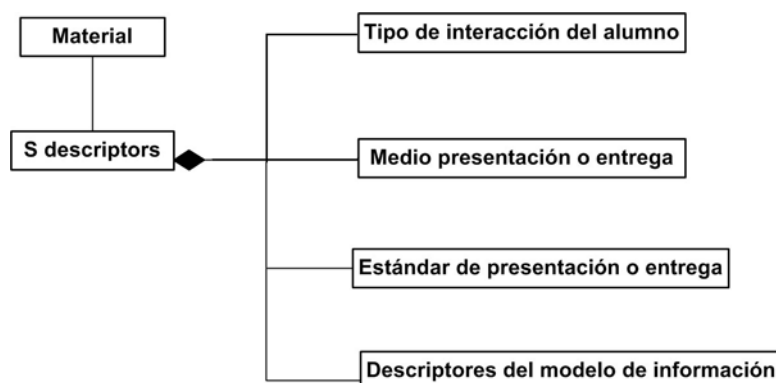


Figura. 4. 18. Elementos de la vista de Soporte (S).

4.2.3.1 Formato y medio de presentación S_Medio

El elemento formato y medio de presentación, *S_Medio*, permitirá al desarrollador determinar cuál será el medio de soporte, el formato e idioma utilizado para presentar el material a desarrollar. En la definición de este elemento se ha considerado los medios que más se utilizan en la actualidad como soporte de presentación para los materiales. A continuación explicamos los soportes utilizados con mayor frecuencia y los formatos en que se presentan los materiales en dichos soportes. El primero de ellos es el soporte impreso y los componentes del material (los contenidos y la estrategia pedagógica) se presentan en forma de publicaciones en papel como libros, manuales o folletos, generalmente representados en formato PDF. Este tipo de soporte es utilizado en situaciones de enseñanza presencial o semi-presencial también conocida como *b-Learning*, en las que se combina la enseñanza presencial con la variante no presencial y soportada por tecnologías [30]. Otro soporte es la web, que ha sido considerada como la plataforma por excelencia para el desarrollo del proceso educativo en *e-Learning*. Para este tipo de soporte, los formatos de presentación más adecuados son aquellos relacionados con la hipermedia como XML o HTML, que permiten la representación, y en muchos casos la ejecución de materiales, cuya estructura general está formada por nodos y enlaces. Estos nodos permiten almacenar la información de los contenidos, cuya presentación incluyen la combinación de uno o más de los siguientes elementos: imágenes, enlaces, texto plano, códigos y sonidos. Mientras que los enlaces permiten la definición de diferentes formas para la navegación entre los diferentes nodos. Otro posible medio de soporte sería el de la Web semántica al considerar materiales que se representan en un formato igual a la opción anterior, pero que además incluye

asociaciones o incrustaciones de información semántica que serán utilizadas por otras aplicaciones cuya funcionalidad contribuya a mejorar y controlar el desarrollo del proceso educativo. En este caso, el formato incluirá los formatos XML con facilidades para el procesamiento automatizado de la información semántica como OWL y RDF. Otra posible opción de soporte y presentación para los materiales es el soporte ubicuo basado en la utilización de dispositivos inalámbricos cuya capacidad de procesamiento suele ser inferior a la de los ordenadores de sobremesa, para este caso el formato de presentación sería WML que utiliza el protocolo WAP (*Wireless Application Protocol*). En este caso específico se estará en presencia de otra modalidad del aprendizaje soportado por la tecnología conocida como *m-Learning* y definida como “el aprendizaje que se desarrolla en diversas localizaciones y que aprovecha las ventajas de aprendizaje proporcionadas por las tecnologías portátiles” [30]. Es necesario aclarar que ésta es un área bastante nueva y los estándares y especificaciones sobre *m-Learning* no han alcanzado su estado de madurez. Sin embargo, este tipo de soporte se ha incluido con el objetivo de mantener la generalidad del meta-modelo MD2, de manera que una vez llegado el momento en que estos estándares alcancen tal estado, el meta-modelo podrá ser utilizado para el desarrollo de materiales que necesiten de este tipo de soporte.

En la Figura 4.19 se muestra la definición del elemento *S_Medio* y las relaciones con los elementos de la vista S: *S_interaccion*, *S_estandar*.

Para el elemento formato *S_Medio* se ha definido un atributo *IdMedio*, que permitirá identificar el medio de soporte que se requiere para el material que se desarrollará. El formato para el valor este atributo será una cadena de caracteres en la que se puedan almacenar las opciones mencionadas anteriormente: Impreso, Hipermedia-Web, Web semántica, Ubicuo y Otras para nuevos soportes.

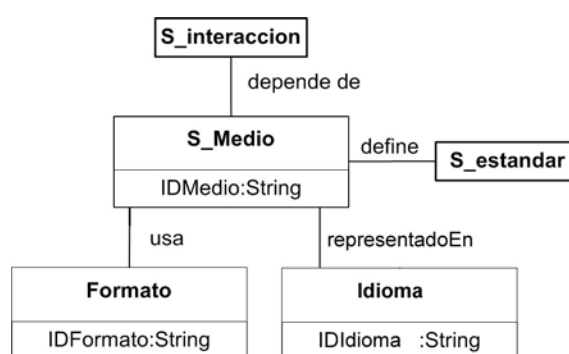


Figura. 4. 19. Detalles del elemento *S_Medio*.

Además se ha considerado que cada medio utiliza un formato determinado, por lo que se ha definido el elemento *Formato*, que permite la identificación del formato de presentación para el material según del medio definido en *S_Medio*. Los valores que puede tomar su atributo identificador *IdFormato* serán cadenas de caracteres que

permita almacenar las opciones de formato correspondientes a cada uno de los valores declarados para el atributo identificador de *S_Medio* es decir PDF o DOC para Impreso; text/HTML-XML, para Hipermedia-web; OWL o RDF para Web semántica, WLM para Ubicuo y Otras para los formatos definidos para nuevos soportes. Se considerará como restricción que cada medio de soporte sólo tendrá alguno de los formatos de presentación especificados anteriormente y aunque es posible la combinación de formatos correspondientes a otros medios, se considerará como principal formato aquel que se corresponda al medio elegido. De esta forma será más sencilla la selección del formato para el medio de soporte que se desee utilizar. Esta restricción permitirá tener materiales en los que se combinen diferentes formatos para un mismo medio de presentación pero que se utilice uno de ellos como principal, por ejemplo un material que utilice la Web como medio de presentación y que sus componentes se puedan mostrar en formato no sólo como HTML sino también como PDF, empleará como formato predeterminado HTML o el caso en que un material utilice un medio Ubicuo con formato WML y además se puedan presentar como HTML, se empleará WML como predeterminado. Para estos casos, el modelo permitirá el desarrollo del material utilizando el medio de soporte con su formato predeterminado y será necesaria además la utilización de reglas de transformación que permitan convertir la presentación basada en dicho formato al segundo formato.

Por otra parte, se ha considerado que los materiales además de presentarse en un determinado medio también se caracterizan por ser representados en un idioma específico. La inclusión del idioma dentro de los descriptores del material permitirá realizar búsquedas en las que sea posible localizar aquellos materiales mostrados en un determinado idioma que se ajusten además al resto de los requisitos o propiedades que el desarrollador necesita para el material que está creando. En algunos casos, se podrán recuperar material en otros idiomas que cumplan con el resto de los requisitos y que de acuerdo con las capacidades del desarrollador puedan realizarse versiones en un cierto idioma. Es por ello que se ha asociado el elemento *Idioma* a *S_Medio*, de manera que sea posible identificación del idioma en que se muestra el material. Los valores que puede tomar su atributo identificador *IDIdioma*, será una cadena de caracteres que permita almacenar una de las posibles las opciones de idiomas es para castellano, en para inglés, fr para francés, pt para portugués y nl para neerlandés.

En la Tabla A.2.17 se muestra la representación formal del elemento *S_Medio* utilizando lógicas de descripción *ALC*.

Gracias al elemento *S_Medio* se podrán facilitar consejos al desarrollador para que defina el tipo de interacción que se espera que el estudiante (o aprendiz) tenga con el material y con sus compañeros para alcanzar los objetivos educativos definidos, factor que se ha tomado en consideración en el elemento *S_interaccion*, que se explica en la próxima sección. Además, una vez que se conoce el medio de soporte para la presentación del material, a través del elemento *S_Medio*, se puede sugerir al

desarrollador cuál será el estándar o especificación más adecuada para la presentación y entrega del material, que ha sido considerado en esta vista como el elemento *S_estandar* y que describe detalladamente en la sección Estándar de presentación o entrega. Estas relaciones se presentan también en la Tabla A.2.17 del Anexo 2.

4.2.3.2 Tipo de Interacción *S_interaccion*

Un elemento clave en el diseño y desarrollo del material didáctico es la definición de actividades y contenidos que proporcionen una variedad de retos y que faciliten la interacción del estudiante con los contenidos del material y entre estudiantes para promover la adquisición de ciertas competencias, es decir, habilidades, conocimientos y actitudes, que hayan sido declaradas como objetivos del proceso de aprendizaje. Una vez que el desarrollador ha decidido el tipo de material que necesita crear también es preciso que tenga noción de cuál será el tipo de interacción que deberá tener el estudiante con los contenidos del material y si la interacción con otros estudiantes puede favorecer el logro de los objetivos educativos que se han definido. Estos factores han sido considerados en la definición del elemento *S_interaccion*, que ayudará a definir la clase o tipo de interacción que puede establecer el destinatario (alumno/aprendiz) con el material y si además es necesario que existan interacciones entre los estudiantes. Dicha información permitirá verificar la selección del tipo de especificación o estándar *e-Learning* y se reflejará en la presentación y entrega del material a través de los elementos del modelo de información de dicha especificación o estándar *e-Learning*, como se explica más adelante en la sección dedicada al elemento *S_estandar*.

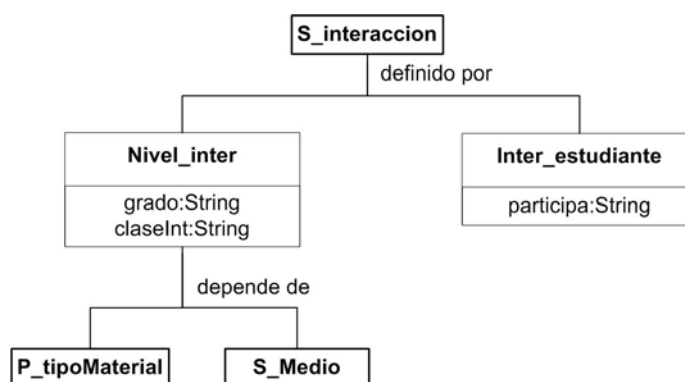


Figura. 4. 20. Detalles del elemento *S_interaccion*.

El elemento *S_interaccion* se ha definido en función de dos factores como se muestra en la Figura anterior: el primero, interacción entre estudiantes, *Inter_estudiantes* y el segundo, es el nivel de interacción, *Nivel_inter*.

El primer factor *Inter_estudiantes* permitirá definir si es necesario que existan interacciones entre los estudiantes, es decir, si será necesario el desarrollo de actividades de carácter colaborativo como los debates o la resolución conjunta de problemas que favorezcan el logro de los objetivos definidos. Los valores para el atributo *participa de Inter_estudiantes* tendrán como formato una cadena de caracteres en la que se puedan almacenar dos posibles opciones: *varios_estudiantes*, para cuando se necesite interacción entre estudiantes y *un_estudiante*, para el caso en que no sea necesario.

El segundo factor es el nivel de interacción, *Nivel_inter*, que permitirá determinar cuál será el grado de interacción del estudiante con el material, es decir, si los retos que se le plantearán al estudiante determinarán una interacciones de clase pasiva, considerada como nivel de interacción bajo(por ejemplo al realizar lecturas de ciertos contenidos) o si por el contrario, se plantearán al estudiante una serie de actividades, consideradas con un nivel de interacción alto, consideradas como interacciones de clase activas o mixtas (cuando se mezclan las activas y pasivas) en las que el estudiante necesite interactuar de manera frecuente con los elementos del material que definen el control del proceso educativo y que le vayan ayudando superar ciertos retos así como aquellas actividades en las que además, necesite interactuar con sus compañeros.

De acuerdo con ello se ha definido un atributo *claseInt*, cuyo formato es una cadena de caracteres en la que se pueda guardar las opciones pasiva, activas o mixtas. Para los valores para el atributo *grado de Nivel_inter* se ha definido que se formato sea una cadena de caracteres en la que se puedan almacenar las opciones orientativas presentadas en la columna “Nivel_ interacción” de la Tabla 4.5. Estas opciones han sido definidas tomando en cuenta que el posible nivel de interacción, considerado en el elemento *S_interaccion* estará determinada por el tipo material que se va a desarrollar definido por el elemento *P_tipoMaterial* y el medio de soporte y formato de presentación que se requiere para dicho tipo de material, definido por el elemento *S_Medio*. En la Tabla 4.4 sólo se han presentado los valores que podría tomar el atributo *grado de Nivel_inter* considerando el hecho de que el medio de soporte para la presentación y entrega generalmente más usado en *e-Learning* es Hipermedia-Web. En aquellos casos en que el medio de soporte sea por ejemplo Impreso, la interacción con el material tendrá por excelencia un carácter pasivo como es el caso de la lectura, por lo que el atributo *grado de Nivel_inter* sólo podrá tomar valores de Muy Baja o Baja. También se han considerado los diferentes tipos de materiales: los materiales para la evaluación necesitan o propician interacciones activas, es decir, *claseInt* tiene valor activa y el atributo *grado de Nivel_inter* podrá tomar valores de Alta o Muy alta cuando el atributo del elemento *P_tipoMaterial* IDTipo (QTI). Para los tipos de materiales como los objetos de aprendizaje y las unidades de aprendizaje pueden propiciar tanto interacciones pasivas o expositivas cuando se refieren a la presentación o exposición de un determinado tema, *claseInt* tendrá valor pasivo y el atributo *grado de Nivel_inter*

Bajo o Muy bajo, como interacciones activas cuando precisan de la colaboración entre los diferentes participantes o de una interacción constante con los elementos que conforman la interfaz del material, además de interacciones mixtas (*claseInt* con valor mixto) cuando necesitan de la combinación de interacciones pasivas y activas, por lo que el atributo *grado* de *Nivel_inter* podrá tomar los posibles valores {Media, Alta, Muy alta}.

Nivel_interacción	P_tipoMaterial	S_Medio
Muy baja	LO/UoL	Hipermedia-Web
Baja	LO/UoL	Hipermedia-Web
Media	LO/UoL	Hipermedia-Web
Alta	LO/UoL/QTI	Hipermedia-Web
Muy alta	LO/UoL/QTI	Hipermedia-Web

Tabla 4.4. Valores orientativos para el *Nivel_interaccion* incluido en el elemento *S_interaccion*

Como consecuencia de lo antes explicado las relaciones de este elemento se pueden representar formalmente utilizando lógicas de descripción *ALC* como en la Tabla A.2.18.

4.2.3.3 Estándar de presentación o entrega *S_estandar*

Este elemento permite definir el nombre de los estándares o especificaciones que se ajustan mejor a los requisitos de carácter pedagógico y de soporte del material a desarrollar. En algunos casos podría ser más de un estándar o especificación. Para ayudar al desarrollador a seleccionar el estándar de presentación o entrega, se tomará en cuenta la dependencia de la especificación del tipo de material que se desea desarrollar y del medio o soporte especificado, factores que han sido considerados en las relaciones de los elementos *P_tipoMaterial* y *S_Medio*. En la definición del elemento *S_estandar*, se ha tenido en cuenta cuáles son los componentes fundamentales del material: sus contenidos, en forma de objetos de aprendizaje y la estrategia pedagógica, en forma de unidades de aprendizaje de acuerdo con la definición de materiales didácticos en el dominio de e-Learning: "los materiales didácticos son la conjunción de una colección de contenidos, en forma de objetos de aprendizaje con una estrategia pedagógica, definida por un diseño instructivo y en forma de unidades de aprendizaje, que sirve de guía durante el proceso educativo", adoptada en este trabajo. Considerando además que el soporte por naturaleza para *e-Learning* es la web, que ha sido representado a través del valor Hipermedia-Web de *IdMedio* del elemento *S_Medio*, a la hora de definir cuál será el estándar o especificación de presentación o

entrega se dispone de un conjunto de posibles especificaciones para cada uno de los posibles tipos de material:

- IMS Metadata (LOM) [60] [53] e IMS Content Packaging [55] cuando el tipo de material a desarrollar es un contenido en forma de objeto de aprendizaje, que se ha representado con el valor LO para el atributo *IDTipo* de *P_tipoMaterial*.
- IMS Metadata (LOM) [60] [53], IMS Content Packaging [55] e IMS QTI [61] cuando el tipo de material a desarrollar es un contenido correspondiente a una evaluación, que se ha representado con el valor QTI para el atributo *IDTipo* de *P_tipoMaterial*.
- IMS Metadata (LOM) [60] [53], IMS Content Packaging [55] e IMS LD [56] cuando el tipo de material a desarrollar se corresponde con algunos o todos los componentes de una estrategia pedagógica en forma de unidad de aprendizaje (i.e. actividades o estructuras de actividades) de acuerdo con su definición en [56], que se ha representado con el valor UoL para el atributo *IDTipo* de *P_tipoMaterial*.

En todos los casos se han incluido el IMS Content Packaging con el objetivo de asegurar la interoperabilidad del material desarrollado, es decir que el material se empaquete de acuerdo con la especificación para que pueda ser intercambiado entre sistemas heterogéneos que cumplan con la especificación y se ha considerado también el IMS Metadata para que al concluir el desarrollo, el material cuente además con las anotaciones semánticas que permitan su futura localización, recuperación y su posible reutilización. Consecuente con lo anterior, el elemento *S_estandar* se ha definido como se muestra en la Figura 4.21.

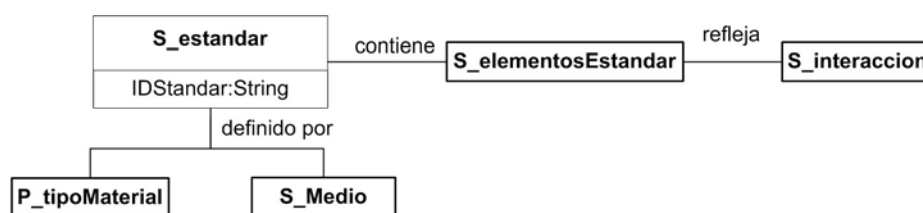


Figura. 4. 21. Detalles del elemento *S_estandar*.

Para el elemento *S_estandar* se ha definido un atributo identificador, *IDStandar*, que representa el conjunto especificaciones se utilizan en la visualización y entrega del material, tomando en consideración las relaciones de este elemento con los elementos *P_TipoMaterial* y *S_Medio*. El formato para el identificador será una cadena de caracteres cuyos valores que se correspondan con una cadena de caracteres que represente el conjunto especificaciones

- “LOM-CP”, para el tipo de material Objeto de aprendizaje, representado por el *IDTipo= LO* del elemento *P_tipoMaterial*.

- “IMS QTI+ LOM-CP”, para el tipo de material Evaluación, representado por el IDTipo = QTI del elemento *P_tipoMaterial*.
- “IMS LD+ LOM-CP”, para el tipo de material Unidades de aprendizaje o actividades o estructuras de actividades (elementos de menor granularidad de las UoL), representados por el IDTipo UoL del elemento *P_tipoMaterial*.

Gracias al elemento *S_estandar* se podrá disponer de la información necesaria para conocer cuál será la estructura de presentación y entrega del material que facilitará la composición del material. Esta estructura estará definida a partir de los elementos del modelo de información del estándar o especificación seleccionado. Además este elemento facilitará datos para asegurar la interoperabilidad y potenciar el carácter reutilizable a través del uso las especificaciones IMS CP y IMS LOM respectivamente. En la Tabla A.2.19 se muestra la representación formal de este elemento utilizando lógicas de descripción *ALC*.

4.2.3.4 Elementos del modelo de información de la especificación *S_elementosEstandar*

Uno de los factores de la problemática de soporte a la fase de desarrollo de materiales didácticos es la necesidad de extender la actual audiencia de los usuarios de las herramientas de autoría: desde los profesionales con conocimientos avanzados de los estándares hasta cualquiera que requiera desarrollar materiales didácticos ya sean profesores, tutores, diseñadores instructivos, etc. Para poder resolver este problema es necesario contar con información que permita establecer correspondencias entre los requisitos de desarrollo del material, expresados en un lenguaje cercano a cualquier tipo de usuario de una herramienta de autoría, y los elementos que componen los modelos de información de los estándares y especificaciones *e-Learning*. De esta forma el conocimiento en profundidad de los detalles de cada uno de los posibles estándares y especificaciones *e-Learning*, que pueden ser empleados para la presentación y entrega del material, no sea una condición indispensable para llevar a cabo su desarrollo. Además estas correspondencias pueden facilitar la información necesaria para guiar las etapas de selección y de composición, así como la generación de anotaciones semánticas durante el desarrollo del material.

El elemento *S_elementosEstandar* de la vista de Soporte ha sido definido con el objetivo de proporcionar la información o datos que puedan ser utilizados para localizar y recuperar los contenidos más apropiados durante la fase de selección, especialmente relacionada con el formato de los contenidos y que además faciliten la definición de los patrones o plantillas de las estructuras de presentación y visualización empleadas en las fases de selección, cuando no se encuentren contenidos idóneos o para crear nuevos contenidos y en la fase de composición para la integración de los contenidos con la estructura de presentación.

Este elemento estará compuesto por un conjunto de referencias a los elementos del modelo de información del estándar definido o establecido en el elemento Estándar de presentación o entrega de esta vista, *S_estandar*, e incluirán las correspondencias entre las descripciones de los requisitos de desarrollo representados por los elementos de las vistas DC y P con las descripciones incluidas en los modelos de información de los estándares o especificaciones. Este elemento estará formado por dos tipos de correspondencias, aquellas que permiten las descripciones generales del material y las correspondencias con las descripciones sobre la presentación y entrega del material. Estas últimas incluirán la información sobre la terminación, interacción y secuenciación de la presentación del material. Como consecuencia los detalles de este elemento se pueden representar como en la Figura 4.22. A continuación explicamos las diferentes correspondencias de los elementos del meta-modelo MD2. En algunos casos estas correspondencias tienen un carácter de equivalencia es decir que los valores de los elementos del meta-modelo pueden ser incluidos directamente como valores de los elementos de los modelos de información y, en otros casos, la información que proporcionan los valores de los elementos del meta-modelo permiten definir cuáles son los valores para los correspondientes elementos de los modelos de información.

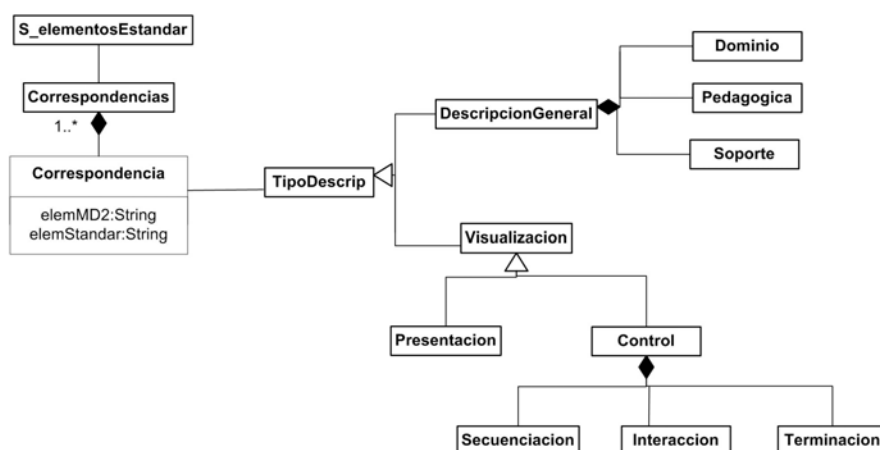


Figura. 4. 22. Detalles del elemento *S_elementosEstandar*.

4.2.3.4.1 Correspondencias con descriptores de carácter general

La especificación Learning Resource Meta-data Information (e.g. IMS-LRMDI [60], IEEE LOM [53]) permite la descripción de las características generales de un determinado material facilitando su localización, recuperación, gestión, intercambio y potenciando su posible reutilización. El modelo de información de esta especificación define un número considerable de elementos que se clasifican en nueve categorías: General (General), Ciclo de vida (Lifecycle), Derechos (Rights), Relaciones (Relation), Técnica (Technical), Educativa (Educational), Clasificación (Classification), Anotaciones

(Annotation). Este modelo incluye más de 100 elementos que permiten la descripción del material y cuya utilización ha sido definida con carácter opcional. Esto trae como resultado que sea engorroso para los desarrolladores hacer uso de la especificación y que, a pesar, de la utilidad que representa contar con estos descriptores del material, en la mayoría de las situaciones de desarrollo no se considere su inclusión. Este problema ha sido tomado en cuenta a la hora de diseñar el meta-modelo por lo que se ha analizado cuáles son las categorías de los elementos del modelo de información de la especificación IMS-LRMD que deberían considerarse para poder establecer correspondencias entre los elementos de las vistas DC, P y S del meta-modelo MD2 que como descriptores del material y, de acuerdo a las definiciones que hemos realizado previamente, permiten establecer una correspondencia o asociación directa con elementos del modelo de información de la especificación, de manera que cada uno de los valores de estos elementos puedan ser inferidos de forma automática de estas correspondencias y por lo tanto no dependa del desarrollador la tarea de generar estas anotaciones semánticas para el material. Las categorías del modelo de información escogidas son General, Técnica, Educativa, Clasificación.

1. En la categoría General se reúnen descripciones de carácter general sobre el material didáctico como el título, el idioma utilizado en el material, su descripción general o su nivel de agregación.
2. En la categoría Técnica se agrupan aquellas descripciones sobre el formato técnico del material, los requisitos sobre la aplicación software utilizada para su ejecución, su localización y la duración de dicha ejecución.
3. La categoría Clasificación incluye la información sobre las características del material a partir de la información proveniente de taxonomías o sistemas de clasificación, donde se especifica el origen y los detalles del sistema de clasificación que han sido utilizados.
4. La categoría Educativa reúne características pedagógicas del material como el tipo de material, el nivel y tipo de interacción, la dificultad, el tiempo estimado para el aprendizaje.

La categoría Derechos, que incluye la información sobre las restricciones de uso del material, no ha sido incluida entre las categorías anteriores, porque sí requiere la intervención directa del desarrollador para que especifique si el material que ha desarrollado podrá ser usado de forma gratuita o no, si se aplicará sobre el material alguna restricción de copyright, especificando el tipo de restricción si la hubiese.

A continuación presentamos los elementos de estas categorías del modelo de información de la especificación y explicamos cuáles elementos de las vistas DC, P y S permiten establecer correspondencias ya sean de equivalencia o de definición, para obtener sus valores.

4.2.3.4.1.1 Categoría General

El título del material, se representa a través del elemento *lom:title* y su valor es una cadena de caracteres que puede obtenerse utilizando la combinación del valor del identificador del elemento *P_tipoMaterial* con el valor del identificador *DC_tema*. Por lo que las correspondencias para obtener el valor de *lom:title* se pueden representar formalmente usando lógicas de descripción *ALC* como en la Tabla A.2.20.

El idioma en que se presenta el material, definido según valor para el elemento *lom:lang*, se puede determinar tomando en consideración no sólo el idioma empleado en la Ontología educativa del dominio utilizada sino como dato más certero el valor correspondiente al atributo *IDIdioma* del elemento *Idioma* definido para *S_Medio*.

De manera que una vez que se inicie la sesión de desarrollo y se conozca la temática o temáticas sobre las que versará el material se puede asignar valores a *lom:lang*. Para lograr lo anterior será preciso recuperar las correspondencias para *lom:lang* que se representan formalmente como en la Tabla A.2.21.

El nivel de agregación del material que describe la granularidad del material, se ha definido como el elemento *lom:aggregationlevel*, para el que también se ha definido un vocabulario restrictivo, tomando en consideración dichas restricciones la asignación de su posible valor se puede obtener por medio del atributo *Componentes* del elemento *P_tipoMaterial*.

Para los valores del identificador *IDTipo* de *P_tipoMaterial*, *LO* o *QTI* cuyos atributos *Componentes* sean “pagina” y “pregunta-respuestas” respectivamente, el nivel de agregación será 2 puesto que son contenidos que agregan un conjunto de imágenes, textos, código, considerados de nivel de agregación 1.

Para los tipos de material, *P_tipoMaterial* cuyos valores para el identificador *IDTipo* sean *LO* o *QTI*, para el atributo *Componentes* sean “paquete contenidos” y “examen” respectivamente, el nivel de agregación será 3, puesto que agregan elementos del nivel 2.

Mientras que si el valor del identificador *IDTipo* es *UOL* y para cualquier valor de su atributo *Componentes*, el nivel de agregación será el más alto, 4, puesto que este tipo de material está compuesto por la agregación de elementos de los niveles inferiores. Las correspondencias para cada una de estas situaciones se han representado formalmente en la Tabla A.2.22.

En la Figura 4.23 se muestra esquemáticamente las correspondencias para cada uno de los elementos de la categoría General previamente explicados.

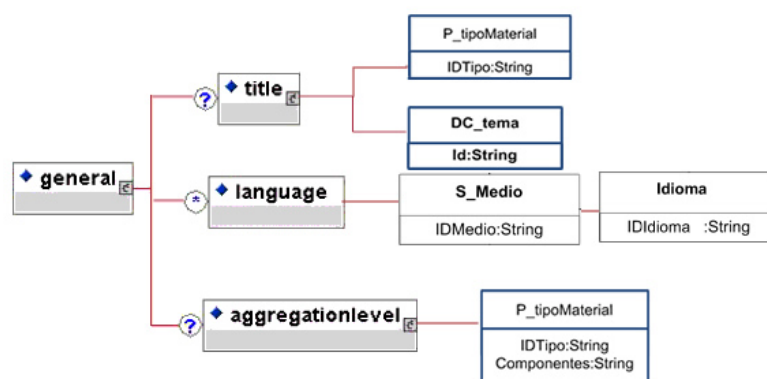


Figura. 4. 23. Elemento *S_elementosEstandar*. Correspondencias para la categoría General LOM.

4.2.3.4.1.2 Categoría Técnica

El formato del material, descrito desde la perspectiva técnica, se representa a través del elemento lom:format y su valor puede obtenerse por medio del valor del atributo formato del elemento *S_Medio*. Si se tiene en consideración que el atributo Medio de este elemento tiene el valor Hipermedia-Web para todos los tipos de material, entonces el valor del elemento lom:format será equivalente al valor del atributo formato para estos casos, es decir que será Text/HTML-XML. La representación formal de estas correspondencias se refleja en la Tabla A 2.23.

Los requisitos sobre la aplicación software utilizada para la ejecución del material, definidos por el elemento lom:requirements cuyos atributos type y name determinan los tipos y nombres de estos requerimientos. Para el atributo type se ha definido un vocabulario que restringe los posibles tipos Operating System (sistema operativo) y Browser (navegador) y para cada uno de estos tipos se ha definido un vocabulario que restringe los valores de name.

Para tipo Operating System, los valores de name podrán ser PC-DOS, MS- Windows, MacOS, Unix, Multi-OS, Other or None. Para tipo Browser, los valores de name podrán ser: Any, Netscape Communicator, Microsoft Internet Explorer, Opera De acuerdo con la definición de materiales didácticos que hemos utilizado y que el elemento *S_Medio* toma el valor de Hipermedia-Web, entonces los valores para los atributos de lom:requirements serán: Multi-OS para tipo Operating System, y para el tipo Browser deberá tomarse en cuenta el tipo de navegador en el que se ha desarrollado el material, la herramienta de desarrollo deberá asegurar que el material pueda visualizarse correctamente en cualquier navegador.

La duración de la ejecución del material se ha definido como lom:duration, puede determinarse a partir del valor que toma el atributo *duracionEsf* del elemento *P_esfuerzoEstimado*. Como este atributo ha sido definido como una cadena de

caracteres que tiene una correspondencia directa al formato `DataType` `hora:min:seg`. Estas correspondencias se representan formalmente utilizando lógicas de descripción *ALC* como en la Tabla A2.24.

En la Figura 4.24 se muestra esquemáticamente las correspondencias para cada uno de los elementos de la categoría Técnica previamente explicados.

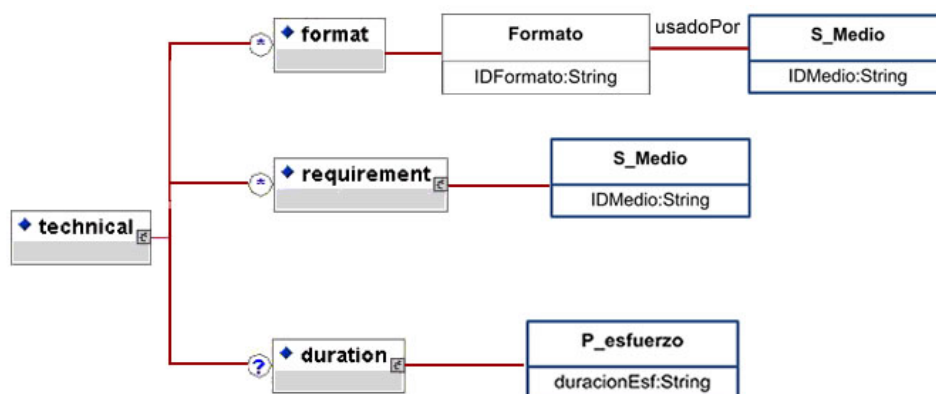


Figura. 4. 24. Elemento *S_elementosEstandar*. Correspondencias para la categoría Técnica LOM.

4.2.3.4.1.3 Categoría Clasificación

El elemento `lom:classification` ha sido definido con el objetivo de facilitar información sobre el sistema de clasificación que ha sido utilizado para describir el material. En nuestro caso se han utilizado Ontologías educativas de dominio para describir la información pedagógica de un determinado dominio que se almacenan en los componentes del elemento *DC_disciplina*.

El elemento `lom:classification` incluye el atributo `purpose`, que permite describir el propósito de la clasificación, los valores aceptados para este atributo definen las opciones *discipline*, para el caso en que el propósito sea describir una determinada disciplina y *educational objectives*, para describir los objetivos educativos. Además se incluye el `taxon path` con dos otros atributos: `source` que incluyen la información de localización de la Ontología utilizada y `taxon` que especifica el valor de la disciplina o de los objetivos educativos. En el último caso el atributo `taxon` tiene un cardinalidad múltiple para facilitar la inclusión de las descripciones sobre los diferentes objetivos educativos.

El contenido del atributo identificador, `Id`, de *DC_disciplina* permite determinar el valor para el atributo `taxon` del elemento `lom:classification` cuando `purpose=disciplina`.

Mientras que el contenido del elemento de *P_habilidades*, donde se enumeran los objetivos educativos que potencia el material, será utilizado para obtener los valores

del atributo `taxon` del elemento `lom:classification` cuando `purpose="educational objectives"`. Cada objetivo educativo incluido en el elemento `P_habilidades` se corresponderá con un atributo `taxon` y se enumerará de acuerdo al orden en que aparece en dicho elemento. Las relaciones de correspondencia para cada estos elementos se representan formalmente utilizando lógicas de descripción en la Tabla A2.25 y se muestran en la siguiente Figura.

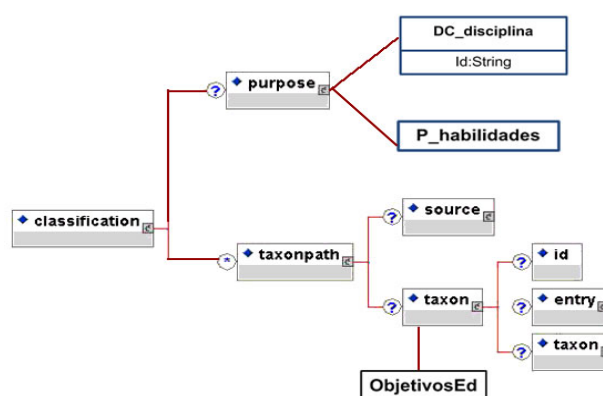


Figura. 4. 25. Elemento `S_elementosEstandar`. Correspondencias para la categoría Clasificación LOM.

4.2.3.4.1.4 Categoría Educativa

La categoría Educativa reúne descripciones sobre las características pedagógicas del material como el tipo de material, el nivel y tipo de interacción, la dificultad, el tiempo estimado para el aprendizaje.

El elemento `lom:learningResourceType` permite especificar el tipo de material, la definición de este elemento en [60] su valor se limita a un vocabulario específico en el que no se puede describir una unidad de aprendizaje, por lo que este elemento sólo podrá describir dos de los tipos de materiales que se han considerado en nuestra aproximación: los objetos de aprendizaje y las evaluaciones. Para estos casos, se podrá definir el valor del atributo del elemento `lom:learningResourceType` en función del valor del identificador de `P_TipoMaterial` y de su atributo tipo. Los valores de este atributo se corresponderá con los valores permitidos para el elemento `lom:learningResourceType`: `Exercise`, `Simulation`, `Questionnaire`, `Diagram`, `Figure`, `Graph`, `Index`, `Slide`, `Table`, `Narrative Text`, `Exam`, `Experiment`, `ProblemStatement`, `SelfAssesment`. De modo que podrá representarse formalmente utilizando lógicas *ALC* como en la Tabla A.2.27

El elemento `lom:interactivityLevel` permite describir el nivel de interacción entre el estudiante y el material, el valor para este elemento debe pertenecer al vocabulario

definido en la especificación: very low, low, medium, high, very high . Estos valores tienen una equivalencia a los valores que se han definido para el atributo grado del componente Nivel_inter del elemento *S_interaccion*. Estos valores deberán traducirse al inglés antes de asignarse al valor de lom:interactivityLevel. De modo que podrá representarse formalmente como en Tabla A.2.28.

Por su parte, el elemento lom:interactivitytype permite describir el tipo de interacción que facilita el material y en la especificación se ha definido un vocabulario restringido para los valores que puede tomar: Active, Expositive, Mixed, Undefined. Para poder asignar uno estos valores deberá tenerse en consideración el elemento *S_interaccion*, especialmente el valor que tome el atributo *claseInt*, cuyo formato es una cadena de caracteres en la que se pueda guardar las opciones pasiva, activas o mixtas. En la Tabla A.2.29 se muestra la representación formal de este elemento utilizando lógicas de descripción *ALC*.

Mientras que el elemento lom:difficulty describe el grado de dificultad al que deberá enfrentarse el estudiante durante la utilización del material para alcanzar sus objetivos educativos. Los valores permitidos para este elemento son very easy, easy, medium, difficult, very difficult. Estos valores tienen una equivalencia con los valores que se han definido para el atributo nivel (*NivelDif*) del elemento *P_dificultad* (*Alto, medio, bajo*). Difficult se corresponderá con Alto, Medium con Medio y Bajo con Easy. De manera que podrá asignarse valores a lom:difficulty. En la Tabla A.2.30 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC* tomando en consideración lo antes expuesto.

El elemento lom:typicalLearningTime permite describir la estimación del tiempo que se considera necesario para alcanzar los objetivos educativos. El valor para este elemento puede obtenerse a través del valor del atributo duracion del elemento *DC_tiempoEstimado*. En la Tabla A.2.31 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

En la Figura 4.26 se muestran las correspondencias para cada uno de los elementos de la categoría Educativa de acuerdo a lo explicado anteriormente.

4.2.3.4.2 Correspondencias con descriptores de presentación y entrega

Las correspondencias con los descriptores de presentación y entrega se basan en la utilización de los valores de los atributos identificador, IDTipo y componentes, Componentes del elemento *P_tipoMaterial*, identificador, IDMedio de elemento *S_Medio* y del atributo grado de *Nivel_interaccion* incluido en el elemento *S_interaccion*. Gracias a este tipo de correspondencias se podrá contar con la información necesaria para disponer de plantillas de presentación que permitan la composición del material, una vez que se hayan creado o recuperado los contenidos. A

continuación se explica la estructura de estas plantillas en función de las relaciones entre los elementos de las diversas vistas del meta-modelo MD2 y que se han representado formalmente en la Tabla A.2.32.

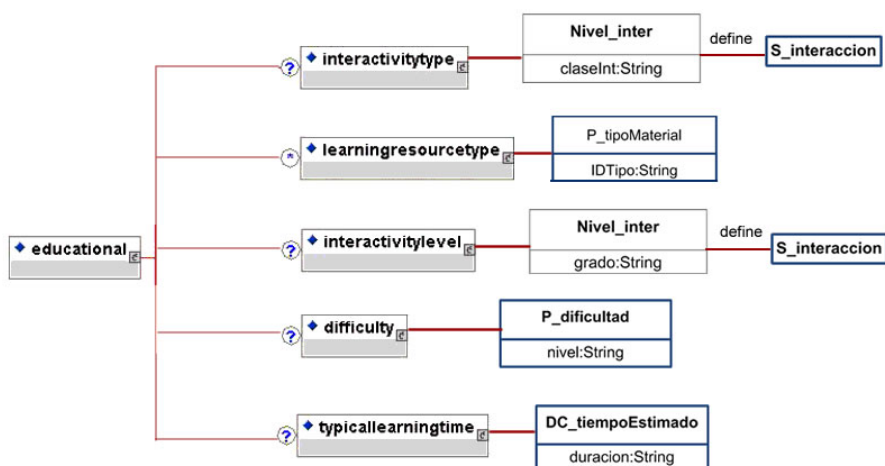


Figura. 4. 26. Elemento *S_elementosEstandar*. Correspondencias para la categoría Educativa LOM.

4.2.3.4.2.1 Correspondencias con descriptores de presentación del modelo de información IMS QTI

Si el valor del identificador del elemento tipo de material *P_tipoMaterial* es QTI, correspondiente a evaluaciones, el valor del identificador IDMedio del elemento *S_Medio* es Hipermedia-Web y el grado del Nivel_inter (nivel de interacción) definido para *S_interacción* es alguno de los valores “Medio”, “Alta” o “Muy alta”, según la definición de *S_estandar*, la especificación a emplear para la presentación y entrega del material debe ser IMS QTI. Para este caso los elementos de otras vistas del meta-modelo serán usados para obtener los valores que tienen (o deben tomar) los elementos del modelo de información de este estándar.

El valor del atributo Componentes del elemento *P_tipoMaterial* nos facilitan la información para disponer de las plantillas de la estructura del material conociendo cuáles serán los elementos de la especificación que incluirán los contenidos previamente seleccionados o creados. El valor del atributo componentes pregunta-respuesta se corresponde con el elemento *imsqti:item* (versión 1.2) o *imsqti:assessmentItem* (versión 2.1), que de acuerdo con su definición en [61] permite incluir la información de la pregunta, tipo de pregunta y las posibles repuestas correctas.

En el caso en que este atributo tome el valor conjunto de preguntas-respuestas o examen se corresponde con *imsqti:assessment* (versión 1.2) o *imsqti:assessmentTest*

(versión 2.1), que incluye un conjunto de preguntas con sus posibles respuestas, su forma de presentación y como se calcula el resultado de cada una de ellas.

El contenido de cada una de las preguntas y sus respuestas `imsqti:item` (versión 1.2) o `imsqti:assessmentItem` (versión 2.1) será seleccionado o creado tomando en cuenta el valor de la temática, correspondiente al atributo identificador del elemento `DC_tema`, y de los conceptos a tratar estarán especificados por el atributo `Concepto` del elemento `P_habilidades`. Por otra parte el orden de presentación de las distintas preguntas estará determinado por las restricciones definidas para el elemento `P_habilidades` en función del valor su atributo `Tipo` (Sección 4.2.2.2).

El valor del atributo `nivel` del elemento `P_dificultad` definirá los valores que tienen (o deben tomar) los elementos del modelo de información IMS QTI para la presentación de las preguntas, `qti:assessment:selectionordering` (versión 1.2 y 2) además de considerar los valores de los atributos `pistas` y `posibles intentos de respuestas` para cada una de las preguntas representadas usando el elemento `qti:item`.

Si el valor de `nivel` es diferente de “Bajo”, se permitirá mostrar diferente orden en la presentación de las respuestas a una pregunta utilizando el elemento `qti:item:presentation:responselid:render_choice` para la versión 1.2 o `qti:item:Ordered_responses`, para la versión 2. En la Tabla A.2.33 se muestra la representación formal de este elemento utilizando lógicas de descripción *ALC*.

El valor del atributo `Pistas` permite determinar si se mostrarán las respuestas acertadas por medio de `qti:item:feedback` (versión1); la información de retroalimentación por cada pregunta a través de `qti:item:integratedFeedback` (versión2). Así las relaciones para obtener dichos elementos se pueden representar formalmente como en la Tabla A2.34.

Mientras que el valor del atributo `Intentos` determinará el número máximo de intentos permitidos para responder una pregunta y podrá ser utilizado para definir `qti:item:presentation:responselid:rcardinality` (versión1) `qti:item:Maximum number of attempts` (versión2). Así, las relaciones para obtener estos elementos de la especificación se pueden representar formalmente como en la Tabla A2.35.

Por su parte, el valor del atributo `duracionEsf` del elemento `P_esfuerzoEstimado` será usado para determinar el valor del elemento `qti:item:presentation:responselid:rtiming` (versión1) `qti:dependent item`(versión2). Estas relaciones se presentan en la Tabla A.2.36.

Al disponer de la información que proporcionan de estas correspondencias se puede completar una plantilla que represente la estructura del material siguiendo la especificación IMS QTI, de esta forma será posible la composición de un material de este tipo de acuerdo con nuestra hipótesis de trabajo.

En la Figura 4.27 se muestran las correspondencias antes explicadas para la versión 1.2 del modelo de información de IMS QTI.

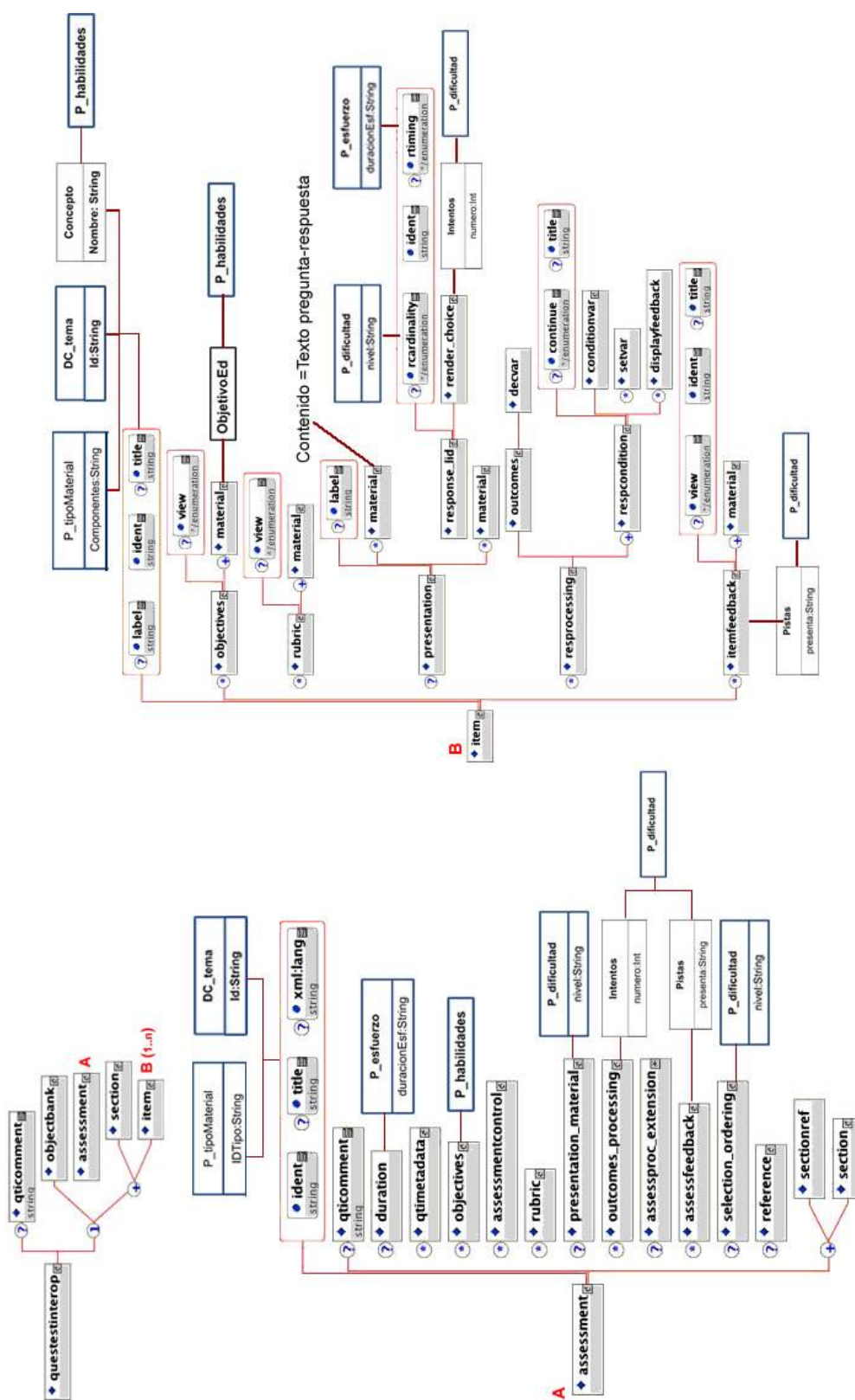


Figura 4.27. Elemento S_elementosEstandar. Correspondencias con el modelo de información OTI.

4.2.3.4.2.2 Correspondencias con descriptores de presentación del modelo de información IMS LD

Si el valor del identificador del elemento tipo de material *P_tipoMaterial* es UoL, correspondiente a unidades de aprendizaje, el valor del identificador del elemento *S_Medio* es Hipermedia-Web y el tipo de interacción definido como atributo de *S_interacción* es alguno de los valores medio, alta o muy alta, de acuerdo con la definición de *S_estandar*, la especificación a emplear para la presentación y entrega del material debe ser IMS LD.

En una situación de desarrollo de un material de este tipo, será preciso conocer cuál será la estrategia pedagógica más apropiada. Esta selección se puede determinar considerando la relación entre los diferentes tipos de estrategia y el elemento *DC_Disciplina* que definen las estrategias más recomendada para un determinado dominio de conocimiento. Teniendo en cuenta que para el dominio de conocimiento que nos ocupa: Ciencias de la Computación y de acuerdo con [76] estas estrategias pueden ser el aprendizaje basado en problemas definida con el valor ABP para el atributo *TipoEstrag* del elemento *P_estrategia*, el aprendizaje orientado a proyectos definido con el valor AOP, el Aprendizaje colaborativo o cooperativo definido con el valor AC y el Aprendizaje basado en procedimientos con el valor PROC. Cada uno de los componentes del elemento *P_estrategia*: actividades, contenidos y participantes que describen las estrategias anteriores se pueden utilizar para establecer correspondencias con los elementos del modelo de información de IMS LD, de manera que es posible disponer de una plantilla que represente la estructura del material siguiendo la especificación IMS LD y que permita la composición de un material. A continuación se explica cada una de las correspondencias entre los elementos del meta-modelo MD2 y los del modelo de información de IMS LD.

La especificación de IMS Learning Design (IMS LD) permite la representación general y la ejecución de un proceso de enseñanza y aprendizaje. Los elementos del modelo de información de IMS LD responden a un modelo conceptual en el que el proceso de enseñanza y aprendizaje se ha representado utilizando la metáfora de una representación teatral a través del elemento *imsl:learning-design*, constituido por dos elementos básicos: un conjunto de componentes (*imsl:components*) y un método (*imsl:method*) que permite definir el comportamiento dinámico de la estrategia pedagógica empleada en el diseño instructivo del proceso [56].

El elemento *imsl:learningdesign* permite representar las descripciones de las diferentes estrategias, definidas por los valores del atributo *TipoEstrag* del elemento *P_estrategia*. En la Tabla A.2.38 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

Los componentes del `imsld:learningdesign` son los roles (`imsld:roles`), actividades (`imsld:activities`) y los entornos (`imsld:environments`). A continuación explicamos como se obtienen las correspondencias para cada uno de ellos, que además han sido representadas en la Figura 4.28.

Gracias al conjunto de componentes es posible representar que una persona asume un rol (`imsld:role`) dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje, típicamente como estudiante o miembro del equipo docente. Por lo tanto, puede establecerse una correspondencia de equivalencia entre `imsld:rol` con el valor que tome el atributo *Tipo* del elemento *Participante* incluido en *Actividad* definidos en el elemento *P_estrategia*. En la Tabla A.2.38 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

De acuerdo con su rol, la persona deberá trabajar para alcanzar un determinado objetivo (o conjunto de objetivos), desarrollando actividades de aprendizaje (`imsld:learning-activity`) o de soporte al aprendizaje (`imsld:support-activity`) en un determinado entorno (`imsld:environment`) [56]. De acuerdo con esto, los elementos `imsld:learning-activity` y `imsld:support-activity` también se pueden definir según el *Tipo* del elemento *Participante*. En la Tabla A.2.39 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

Para estos dos elementos, como contenedores de las actividades que deben desarrollar los participantes, se pueden establecer correspondencias con los atributos del elemento *Actividad* definido en *P_estrategia*. Así el valor de item del elemento *activity-description* incluido en `imsld:learning-activity` y en `imsld:support-activity` es equivalente a los atributos *Descripción* y *TipoAct* de *Actividad*, que contienen el tipo de actividad a desarrollar y su descripción. En la Tabla A.2.39 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

Los objetivos educativos a alcanzar por medio de la realización de la actividad, representados a través de `imsld:learning-activity:learning-objectives` se podrán determinar en función de los objetivos definidos para la experiencia educativa en cuestión y descritos por *ObjetivoEd* en el elemento *P_habilidades*. En la Tabla A.2.41 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

Además, las habilidades cognitivas o conocimientos previos necesarios para la realización de la actividad representados como `imsld:learning-activity:prerequisites` dependerán de los objetivos educativos a alcanzar de la actividad precedente. La ordenación de las actividades se define en la estrategia pedagógica a través del atributo *Orden* de *Actividades*. En el caso de la actividad inicial de la estrategia los conocimientos previos serán iguales a los definidos en el elemento `imsld:prerequisite`. En la Tabla A.2.42 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

Para los elementos `imslid:learning-activity` y `imslid: support-activity` también se definen en [56] los elementos `complete-activity` y `on-completion:feedback-description`. El primero permite determinar la forma en que debe controlarse la finalización de la actividad, tomando en consideración que para cada tipo de material representado a través del IDTipo del elemento *P_tipoMaterial* se ha definido una relación con el elemento *P_dificultad* que determina el nivel de dificultad que supone su desarrollo para alcanzar los objetivos educativos y que incluye limitaciones en el tiempo de presentación, especificadas por atributo `duracionPresen` del elemento *TiempoPresen*, entonces el elemento `imslid:learning-activity:complete-activity:time-limit` será equivalente al elemento *TiempoPresen*. En la Tabla A.2.43 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*

El valor del elemento `imslid:learning-activity:complete-activity:user-choice` determina que la conclusión de la actividad dependerá de la voluntad del participante. Este caso será aplicable cuando el elemento *P_dificultad* defina que no hay limitaciones de tiempo para el desarrollo de la actividad. En la Tabla A.2.44 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*

El segundo elemento, `on-completion:feedback-description`, permite definir la información que se le facilitará a la persona que desarrolla la actividad una vez que ésta haya concluido [56]. De acuerdo con la definición del elemento *P_dificultad*, el nivel de dificultad depende de la presentación de diversos tipos de pistas entre ellos, se puede incluir la información sobre la finalización de la actividad. En el caso en que se permita la presentación de pistas, una posibilidad será ofrecer información sobre el estado de la terminación de la actividad. Como consecuencia, se puede establecer una correspondencia de equivalencia entre el elemento `on-completion:feedback-description` y *Pistas*. En la Tabla A.2.45 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

El elemento `imslid:activity-structure` permite agregar actividades ya sean del tipo `imslid:learning-activity` o `imslid: support-activity` [56]. Una forma de utilizar este elemento puede ser para agrupar actividades que están relacionadas con los mismos objetivos educativos. Estas actividades serán ordenadas según la descripción de la estrategia, el atributo *TipoAct* de cada *Actividad* y en función de las reglas de ordenación de las competencias a alcanzar (`DC-comp1` y `DC-comp2`) incluidas en *DC_listadoCompetencias*. Como consecuencia se puede establecer que la composición de elementos `imslid:activity_structure` dependerá de *P_habilidades* y del *TipoAct*. En la Tabla A.2.46 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

Los entornos (`imslid:environments`) se han definido como contenedores que incluyen los recursos en forma de objetos de aprendizaje (`imslid:learning object`) más apropiados para el desarrollo de las actividades y los servicios (`imslid:service`) que se utilizan como soporte al proceso de enseñanza y aprendizaje [56]. Este elemento es clave a la hora

de realizar la composición del material, gracias a él será posible realizar la composición de un material conectando un conjunto de servicios y contenidos ya sean objetos de aprendizaje o evaluaciones, que han sido recuperados o creados en la etapa de selección, a la estructura de presentación y entrega de una estrategia pedagógica. En la Tabla A.2.47 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

Los contenidos que se asocian a los entornos de una actividad, a través del elemento *imsld:learning-object*, son seleccionados teniendo en consideración el valor del atributo identificador del elemento *DC_tema* y los objetivos educativos definidos en *P_habilidades*, el orden de asociación de los contenidos a cada actividad estará determinado por las reglas de ordenación de las competencias a alcanzar (*DC-comp1* y *DC-comp2*) incluidas en *DC_listadoCompetencias*.

El elemento *imsld:service* se ha definido en [56] como el contenedor de las referencias a los servicios, aplicaciones y facilidades que sirven de soporte al desarrollo del proceso educativo por ejemplo las facilidades de comunicación tales como: correo electrónico, chats, forums. Para ello se han declarado diferentes tipos de servicios de comunicación como: *send-mail* para el primero y *conference*, para los dos últimos. Además se han definido servicios de búsquedas (*index search*) y de monitorización (*monitor service*) para el nivel B de la especificación, que permite conocer el estado de ciertas propiedades relacionadas con los elementos del *ims learningdesign*. En nuestro caso, sólo trabajaremos con el nivel A, como consecuencia de ello, las correspondencias para el elemento *imsld:service* se pueden establecer tomando en consideración los elementos *P_estrategia* y *S_interaccion*. En relación con la estrategia, si la estrategia a utilizar está basada en el aprendizaje colaborativo, definida por el valor AC del atributo *TipoEstrag* del elemento *P_estrategia* o si alguna de las actividades descritas en la estrategia, requiere que su realización se desarrolle de forma colaborativa, definida por medio del atributo *Colab* del elemento *Actividad* incluido en *P_estrategia*, entonces *imsld:service* deberá incluir el tipo de servicio *conference*. Además si el valor del atributo *Participa* del elemento *Inter_estudiante* incluido en el elemento *S_interaccion* tiene valor “varios estudiantes”, en primer lugar deberá verificarse que no exista contradicción con el valor del atributo *Colab* de las actividades de la estrategia elegida y entonces se incluirá un servicio de *conference* o *send-mail* (*imsld:service*) para la interacción entre los estudiantes de acuerdo a la descripción de las actividades de la estrategia. En la Tabla A.2.48 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

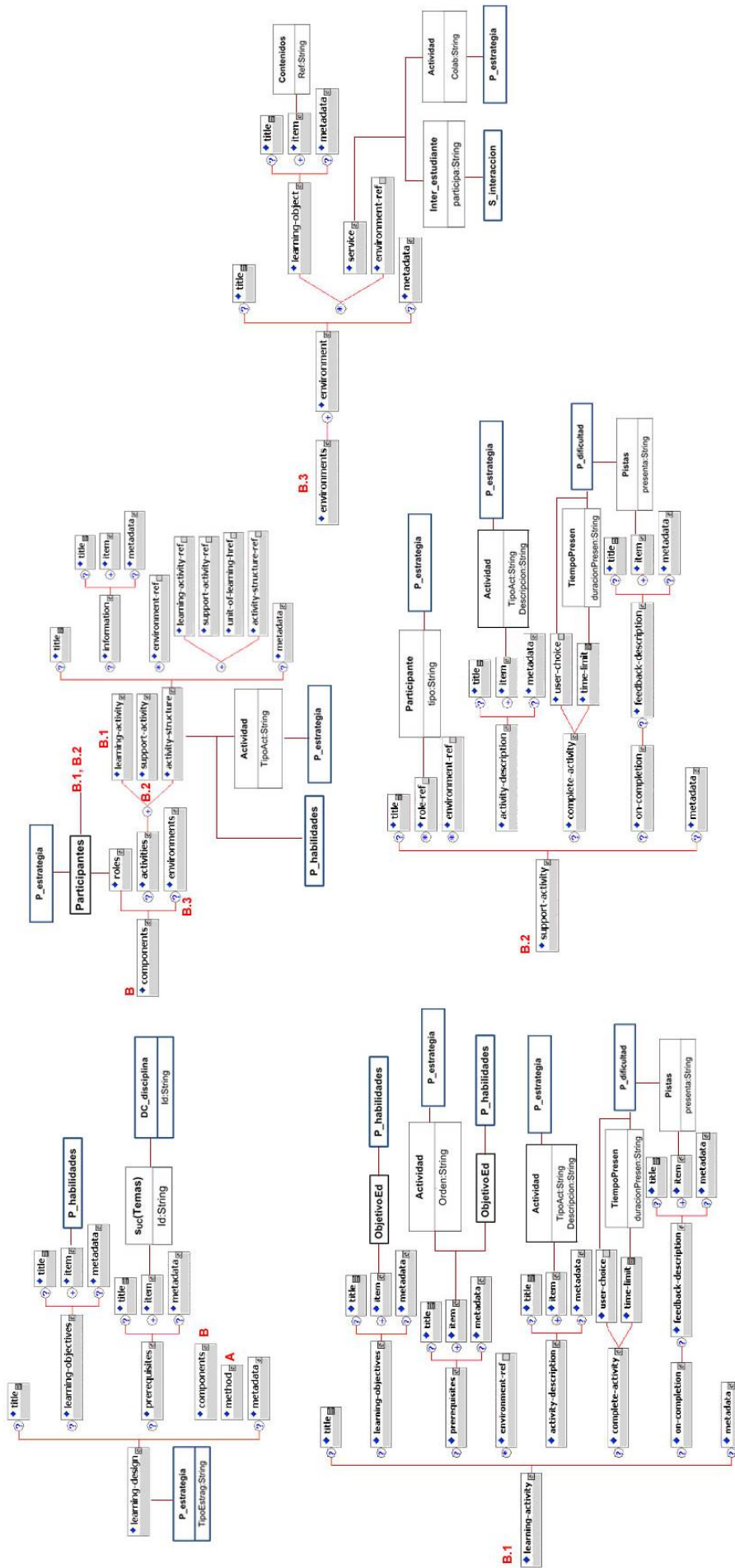


Figura 4.28. Elemento S_elementosEstandar. Correspondencias con el modelo de información IMS LD para elementos imsl:components

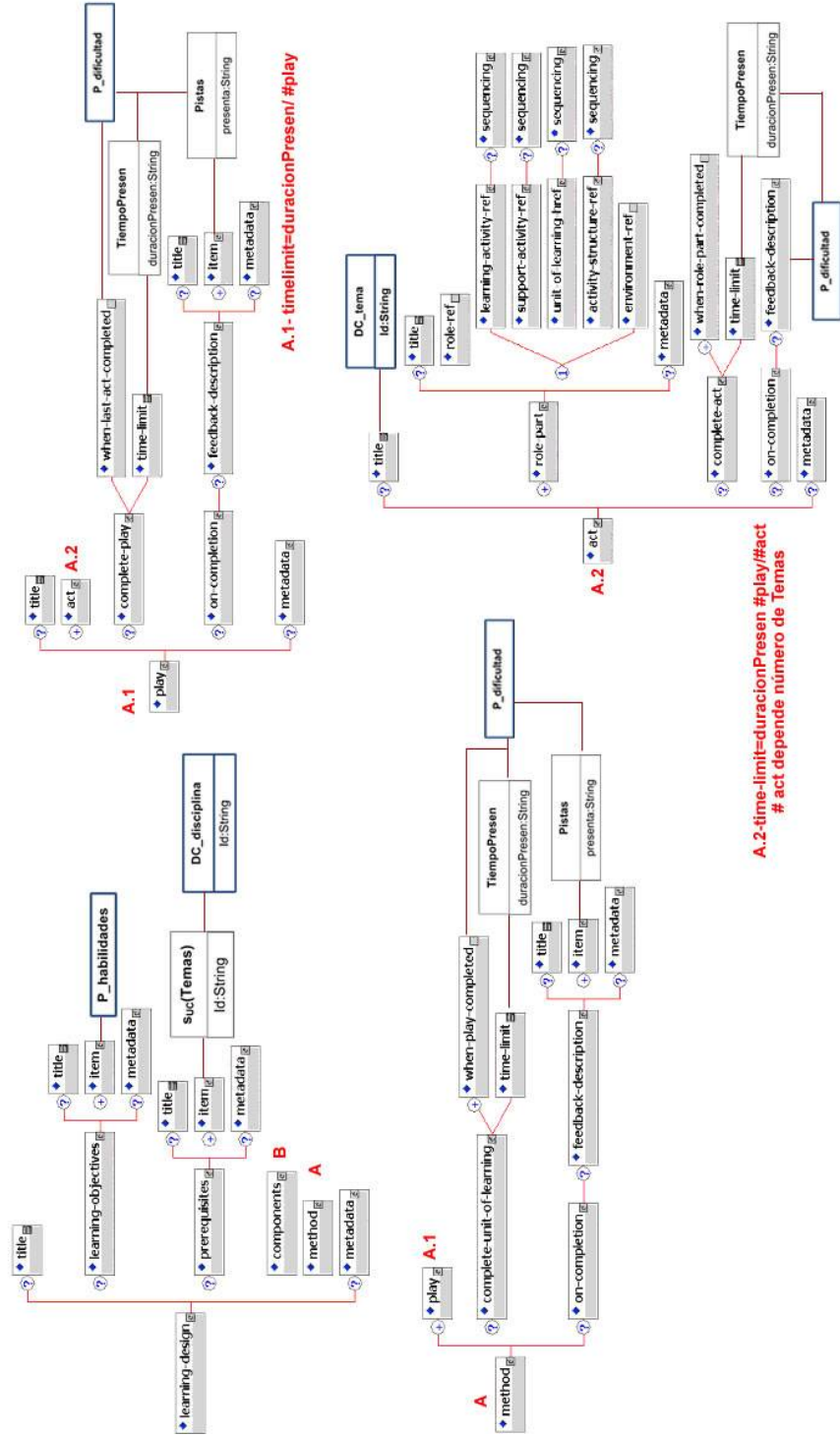


Figura . 4.29. Elemento S_elementosEstandar. Correspondencias con el modelo de información IMS LD para elementos imslid:method

El método en la especificación IMS LD consiste en una o más representaciones (*imsld:play*) que contienen una secuencia de uno o varios actos (*imsld:act*), en cada acto interviene uno o varios actores (*imsld:role*) y a su vez, cada participación del actor (*imsld:role-part*) permite asociar un rol o actor con una actividad o estructura de actividades [56]. En la Figura 4.29 se muestran las correspondencias de cada uno de los elementos que conforman el método (*imsld:method*). Los actos en la representación se desarrollan de acuerdo con una determinada secuencia, que puede ser más o menos compleja en función de la estrategia pedagógica que se necesite emplear y de los requisitos de situación instructiva en particular. Las actividades se agrupan en los actos de acuerdo con la cantidad de temas a tratar, seleccionados para el elemento *DC_tema* y los objetivos incluidos en *P_habilidades*, que se ordenan siguiendo las reglas de ordenación (*DC-comp1* y *DC-comp2*) definidas para el elemento *DC_listadoCompetencias* tomando en cuenta los niveles de competencias de tales objetivos educativos. En la Tabla A.2.49 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

El método se diseña en aras de alcanzar determinados objetivos educativos (*imsld:learning-objectives*), que especifican los resultados que deberían lograr los estudiantes y presupone que son necesarios ciertos requisitos previos (*imsld:pre-requisites*), por lo general éstos incluyen la especificación del nivel de habilidades, conocimientos o competencias de los estudiantes al iniciar el proceso [56].

El elemento *imsld:learning-objectives* será equivalente a la enumeración las competencias a alcanzar que se han descrito por medio del elemento *P_habilidades*. Esta relación se representa formalmente en la Tabla A.2.50.

Mientras que el elemento *imsld:pre-requisites* se podrá determinar a partir de la información que proporciona *suc_Temas* definido en el elemento *DC_disciplina* sobre las temáticas y objetivos que preceden al tema del material definido en *DC_Tema*. En la Tabla A.2.51 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

4.2.3.4.2.3 Correspondencias con descriptores de presentación del modelo de información IMS CP

Para cualquier tipo de material, es decir, para cualquier valor del atributo *IDTipo* del elemento *P_tipoMaterial* y de acuerdo con la definición del elemento *S_estandar* se deberá incluir en el identificador de *S_estandar* la especificación Content Packaging de manera que se asegure la interoperabilidad del material creado. En esta especificación se define que cada material debe incluir un fichero de manifiesto (*imsmanifest.xml*) en el que se describe la estructura del material. Los elementos fundamentales de un fichero de manifiesto son Organizations, Metadata y Resources.

Como se muestra en la Figura 4.30, en dependencia del tipo de material que se desarrolle, la sección Organization contendrá la estructura del material definida según la especificación o estándar utilizado. En el caso en el que el identificador del elemento *P_tipoMaterial* es LO, esta sección incluirá la estructura jerárquica de cada uno de los componentes de los contenidos, definidos según el atributo *Componentes* de *P_tipoMaterial*, en la Figura 5.5 se muestra estas correspondencias con más detalles. Para el caso en el identificador se corresponde con QTI, en esta sección se incluirá un fichero qti.xml que contiene la estructura resultante de las correspondencias con los descriptores de presentación del modelo de información IMS QTI previamente explicadas.

En el caso en que el identificador de *P_tipoMaterial* sea UoL, en esta sección se incluirá la estructura resultante de las correspondencias con los descriptores de presentación del modelo de información IMS LD, representadas a través del elemento *imsld* y que se presentaron en la sección anterior.

En la sección Metadata definida en el modelo de información IMS CP como sub-secciones del manifiesto que pueden incluirse en las secciones de Organizations, Resources o a nivel general de todo el fichero manifiesto. Estas sub-secciones contienen información descriptiva de la correspondiente sección utilizando el estándar LOM, de manera se que facilita la localización del material y su posible reutilización.

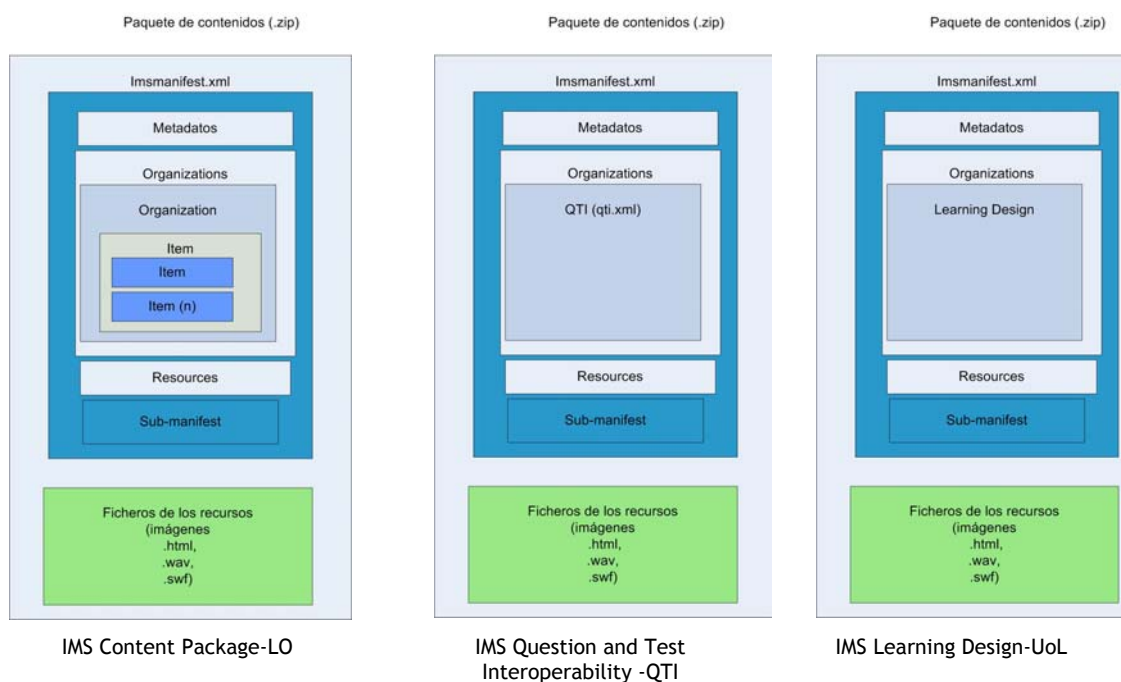


Figura. 4. 30. Elemento *S_elementosEstandar*. Correspondencias con el modelo de IMS CP.

En la sección Resources se incluirá la colección de todos los ficheros referenciados en varios puntos por las diferentes estructuras incluidas en sección Organizations, permitiendo de esta forma asociar la estructura con los contenidos. Los recursos o

ficheros que aparecen listados en esta sección pueden ser locales al manifiesto o en caso de ser externos aparecen referenciados utilizando su correspondiente url.

La especificación define además que el fichero de manifiesto y todos los ficheros declarados como recursos locales en la sección Resources del manifiesto se incluyen en un fichero comprimido en formato .zip, denominado paquete de contenidos, facilitando de esta forma la distribución e intercambio del material contenido en el paquete entre sistemas heterogéneos y por tanto, su interoperabilidad.

4.2.3.5 Resumen de la Vista S

A modo de resumen, la vista Soporte, S, facilita las siguientes descripciones sobre un material didáctico presentadas en la Figura 4.31:

- Un material didáctico utiliza un determinado medio para su ejecución y presentación empleando cierto formato y un determinado idioma, promoviendo una determinada interacción con el estudiante y con sus compañeros para alcanzar ciertos objetivos educativos
- Tomando en cuenta el medio, formato y el tipo de material es posible contar con un estándar de presentación y entrega que asegure la interoperabilidad del material.
- Las relaciones existentes entre los elementos de la vista S con los requisitos del material descritos a través de los elementos de las vistas DC y P facilitan la generación de plantillas para la estructura y presentación del material basadas en determinado estándar. Éstas han sido presentadas en las Figuras 4.28, 4.29, y 4.30.
- Las plantillas para la estructura y ejecución basadas en estándares permiten la composición del material por medio de la conexión de los contenidos más apropiados para un proceso educativo, a dicha estructura. De forma que se potencia la reutilización, no sólo por la forma de componer el material si no también por la inclusión o generación de anotaciones semánticas.

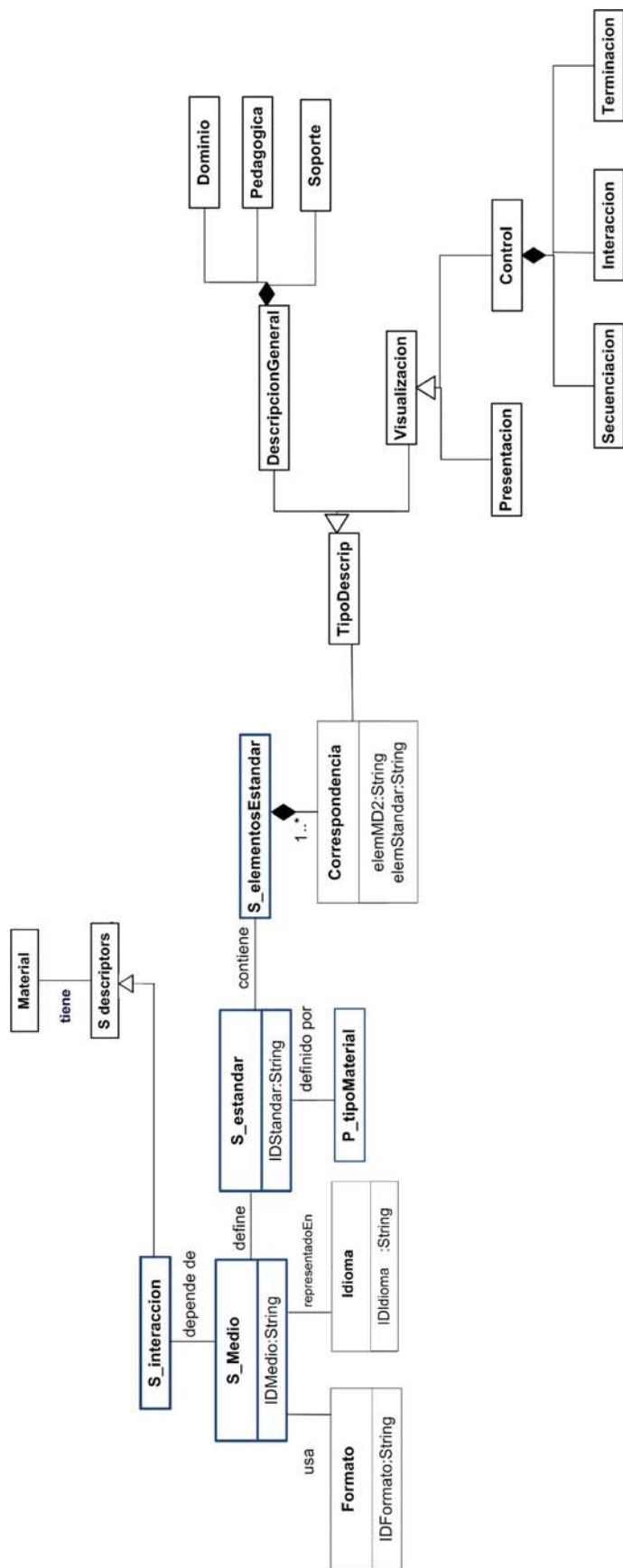


Figura. 4. 31. Detalles de la Vista S.

4.2.4 Vista Calidad-Usabilidad (C-U)

La Vista de Calidad-Usabilidad está formada por un conjunto de descriptores que facilitaran la información necesaria para la realización de la etapa de evaluación durante el desarrollo del material didáctico. En el Capítulo Estado de la cuestión, se describió un conjunto de características deseables para los materiales didácticos: el carácter reutilizable, la calidad vista como el valor pedagógico del material y la usabilidad de su interfaz, y el cumplimiento con los estándares y especificaciones sobre *e-Learning*. La etapa de evaluación estará dedicada a verificar si el material obtenido exhibe dichas características. Algunas de ellas como el cumplimiento con los estándares y especificaciones sobre *e-Learning* y su posible carácter reutilizable se han asegurado en la Vista S incluyendo un conjunto de correspondencias con elementos de estas especificaciones que permiten definir plantillas para la estructura de presentación y entrega que se utilizan en la composición del material y en la generación de anotaciones semánticas como parte del desarrollo del material. La concepción de la composición del material por medio del acoplamiento de los contenidos a estas plantillas y sus respectivas descripciones potencia la reutilización del material, puesto que cada uno de ellos dispone de anotaciones que permitan su localización para ser utilizados de forma independiente, si fuera necesario, en situaciones instructivas que demanden similares requisitos. El carácter reutilizable se verificará a posteriori, en una evaluación sumativa que compruebe si durante un determinado intervalo de tiempo el material obtenido o sus componentes: contenido y estrategia se han utilizado en diversas situaciones. El resto de las características deseables se han usado para definir cuales serán los objetivos de la evaluación formativa del material didáctico en relación con la calidad vista desde de la perspectiva del producto. Estos serán la usabilidad de la interfaz del material, como la calidad enfocada desde de la disciplina de la Interacción Persona Ordenador y el valor pedagógico o la utilidad pedagógica, desde la perspectiva pedagógica.

En MILE [126] se establece una clasificación de los criterios de usabilidad de acuerdo con los aspectos de la aplicación que son analizados y evaluados. Éstos son los contenidos, la estructura de los contenidos, la navegación, la interfaz y su presentación. En aras de diferenciarlos de aquellos llamados aspectos en el marco de evaluación que se define en la vista C-U, les denominaremos partes de la aplicación. En la subvista C agrupamos los criterios relacionados con los contenidos y su estructura que nos permitirán valorar la utilidad pedagógica y en la subvista U hemos agrupado aquellos relacionados con la navegación y presentación que nos permiten valorar la usabilidad de la interfaz.

En la evaluación formativa del material se valorarán los objetivos (utilidad pedagógica y usabilidad de la interfaz) a través del método de indagación basado en cuestionarios [68] y proporcionará cierta información de confianza al desarrollador antes de que el material sea evaluado por otros desarrolladores o expertos. La información de confianza está relacionada con la satisfacción del usuario o desarrollador con el material obtenido. Existen diversas teorías que permiten explicar y tratar de predecir la satisfacción y confianza del usuario sobre un determinado producto o sistema. Entre ellas se encuentra la Teoría de la no conformidad de expectativas o de disconformidad [81]. El término de no conformidad o disconformidad se refiere a la discrepancia entre las percepciones que tiene un individuo sobre el rendimiento y/o comportamiento de un sistema (o producto) respecto a los niveles de expectación que tenía sobre el sistema (o producto) antes de usarlo. La conformidad (o disconformidad positiva) se produce cuando el rendimiento observado es igual o supera las expectativas del usuario [11; 14; 24] por lo que el usuario se declara satisfecho con el sistema. Las mediciones de la disconformidad se realizan de forma subjetiva a partir de la comparación de los valores observados y los valores esperados de una determinada propiedad o característica [81; 93]. Los resultados de la investigación [23] acerca de la influencia de la usabilidad, la calidad y valor de un sistema *e-Learning* sobre la satisfacción del usuario y su confianza en el sistema demostraron que la disconformidad sobre usabilidad y el valor de un sistema *e-Learning* calculados de forma independiente, tenían un efecto conjunto sobre la satisfacción y confianza del usuario. Es decir, que el usuario se mostraba satisfecho y confiaba en el sistema si los valores observados de usabilidad, de calidad y el valor del sistema eran iguales o superan sus expectativas sobre tales objetivos.

Para poder facilitar información de confianza al desarrollador que le permita saber si el material obtenido puede ser utilizado para satisfacer las necesidades de una determinada situación instructiva, será preciso establecer unos valores mínimos permisibles para cada uno de los criterios que determinan la valoración de la calidad del material: su utilidad pedagógica y la usabilidad de su interfaz. De manera que se pueda ofrecer datos que le permitan re-diseñar el material en aquellos casos en que los valores observados de utilidad y usabilidad no se correspondan a sus expectativas definidas en un intervalo de valores limitado por el valor mínimo aceptable y el máximo valor posible para dichos aspectos.

Como consecuencia en la vista de Calidad-Usabilidad del meta-modelo MD2 se ha definido un elemento *Umbral* que permite definir el intervalo aceptable para los valores de que puedan tomar la observación de ciertos aspectos relacionados con los criterios a considerar y un conjunto de elementos, *Criterios*, que describen los criterios medidas y métricas para valorar los objetivos de evaluación: la calidad como la utilidad pedagógica del material y la usabilidad de su interfaz. Además se incluyen guías para el rediseño del material, en las que se especifica cuál es la característica del material que

deberá comprobarse y en cuál etapa del desarrollo deberá realizarse una determinada modificación sobre cierto elemento del material para aquellos casos en los que la valoración de un determinado criterio no supera un valor mínimo aceptable.

Para la definición de la Vista C-U también se ha tomado en consideración que muchas de las medidas o métricas utilizadas por los criterios que permiten valorar la Usabilidad y la Utilidad tienen naturaleza subjetiva o imprecisa por lo que se ha optado por la utilización de conjuntos de términos lingüísticos como formato de representación para los valores de estas medidas. Se ha decidido que los conjuntos de términos lingüísticos tengan una distribución uniforme y estén formados por cinco términos primarios [48]: {nada, poco, medio, bastante, muy} que acompañaran a los sustantivos que definen cada uno de los criterios o a los adjetivos que los caracterizan. En estos conjuntos el valor *Medio* se corresponderá con el mínimo valor aceptable y definirá el extremo inferior del elemento *Umbral*.

En el diseño de la vista C-U se ha tenido en cuenta que los objetivos de evaluación se pueden clasificar en diversos diferentes tipos y pueden ser empleados para describir el material como elemento *DescriptorCU* cuyo valor o grado de utilidad, *Grado*, toma en cuenta la relevancia del material, *Relevancia*, respecto al tipo del objetivo y que además depende de la valoración de un conjunto de criterios, representados por el elemento *Criterios*. Cada criterio, elemento *Criterio*, que tiene asociado o permite evaluar determinados aspectos del material, representados por el elemento *Aspectos* y que cada aspecto, representado como *Aspecto*, tomará un valor en función de la evaluación del usuario, *ValorObservado*. Este valor será comparado con el *Umbral* de forma que para aspecto se podrá mostrar una recomendación para el re-diseño del material, *Recomenda*, en la que se presente cuál es la característica o requisito para el desarrollo del material se analiza a través del aspecto valorado, presentado como *Feature_id* y qué acciones, representadas como *Accion*, deben realizarse sobre algún elemento del material, *Elemento*, en alguna de las otras etapas de desarrollo: selección o composición, *Etapas*, para lograr que este aspecto tenga un valor aceptable.

La relevancia del material respecto a un determinado objetivo de evaluación permite verificar si el material exhibe ciertas cualidades y facilitará los datos necesarios para proceder al rediseño del material. En caso de que éste no sea necesario, la información proporcionada por las instancias del elemento *Relevancia* se utilizará para que el material pueda someterse a una evaluación ya sea formativa o sumativa, donde participen expertos y otros desarrolladores que certifiquen la calidad del material. La relevancia del material se puede calcular de forma automática a partir de la comparación respecto al elemento *Umbral* de los valores de los aspectos incluidos en cada uno de los criterios relacionados con el objetivo de evaluación y siguiendo un conjunto de reglas de agregación. El resultado obtenido de dicha comparación, *Valor*, podrá tomar valores pertenecientes al conjunto de términos lingüísticos {muy poco, poco, medio, bastante, muy} relevante.

Dichos valores se obtendrán tomando en cuenta la aplicación de las siguientes reglas de agregación, Reglas:

- Los objetivos de evaluación, en este caso, utilidad pedagógica y usabilidad, generalmente dependen de una condición necesaria relacionada con uno o más de los criterios a analizar, si el valor de estos criterios no supera el Umbral entonces se podría afirmar que el material no es muy poco relevante respecto a ese objetivo y es necesario proceder con el rediseño. Por ejemplo para el caso de la Usabilidad si el número de errores que se producen al interactuar con el material y su severidad es muy alta se puede decir que el material es muy poco relevante respecto a la Usabilidad y se deberá proceder a su rediseño. Para el caso de la Utilidad pedagógica, este criterio sería la exactitud de los contenidos, si los contenidos no guardan relación alguna con la temática a tratar o con los objetivos educativos, el material será muy poco relevante en relación a su utilidad pedagógica y deberá re-diseñarse. De acuerdo con ello si los aspectos considerados para los criterios discriminantes (*Criteriodisc*) no superan el extremo inferior del umbral, se considerará que el material es muy poco relevante respecto a este objetivo y deberá procederse al rediseño. Esta regla puede representarse como *Relevancia_r1* de la siguiente forma:

$Relevancia_r1 \doteq \exists \geq 1 \text{ depende. Criteriodisc } \sqcap \text{tiene Aspecto (difiere. Umbral), [Valor (muy poco relevante)]}$
Criteriodisc < Criterio

- Para el resto de los criterios a considerar al evaluar determinado objetivo, si la mayoría de valores observados de sus aspectos no superan el extremo inferior del Umbral, el material será poco relevante y deberá procederse al rediseño considerando las recomendaciones de cada uno de los aspectos que no pertenezca al Umbral. Esta regla se representará como *Relevancia_r2* como:

$Relevancia_r2 \doteq \forall \text{ depende. Criterios } \sqcap \text{ [tiene Aspecto (difiere Umbral)], [Valor (poco relevante)]}$

- Si las condiciones para aplicar la regla *Relevancia_r2* no se cumplen, es decir, que la mayoría de los aspectos pertenece al umbral del Calidad, se podrá decir que el material tiene cierta relevancia. Para poder especificar si es bastante relevante o muy relevante se deberá comparar los valores de estos aspectos con el extremo superior del Umbral y contabilizar cuántos cumplen con la condición “La mayoría de los valores tiene el valor máximo posible para ese aspecto”. Se considera mayoría el número entero correspondiente a $(n/2 + 1)$, donde n es la cantidad de aspectos considerados. Si se cumple la condición

entonces el material será muy relevante. Esta será la regla *Relevancia_r3* que se describe como:

$Relevancia_r3 \doteq \forall \text{ depende. Criterios } \prod [\text{tiene Aspecto (igual ExtremoSup)}, [\text{Valor (muy relevante relevante)}]$

- Si las condiciones para aplicar la regla anterior, *Relevancia_r3*, no se cumplen se deberán recuperar todos los valores de los aspectos que no cumplen con tal condición, compararlos con el extremo inferior del umbral y contabilizar cuántos cumplen con la condición: “La mayoría de los aspectos considerados tiene un valor mayor que el extremo inferior del Umbral”. Si esta condición se cumple entonces el material es bastante relevante. Esta regla se representa como *Relevancia_r4* :

$Relevancia_r4 \doteq \forall \text{ depende. Criterios } \prod [\text{tiene Aspecto (difiere.ExtremoInf)}, [\text{Valor (bastante relevante)}]$

- Si no se cumple la condición de la regla *Relevancia_r4* y se cumple que “La mayoría de los valores de los aspectos es igual al extremo inferior” se podrá decir que el material es medianamente relevante”(*Relevancia_r5*). En caso de que no se cumpla esta condición, al no cumplirse las condiciones para las reglas *Relevancia_r4*, *Relevancia_r3* se aplicará la regla *Relevancia_r2* y el material será poco relevante. La regla *Relevancia_r5* se representa como:

$Relevancia_r5 \doteq \forall \text{ depende. Criterios } \prod \text{ tiene Aspecto[(igual.ExtremoInf)}, [\text{Valor (medio relevante)}]$

Teniendo en cuenta lo explicado previamente, la Figura 4.32 muestra los elementos de la vista C-U, que se representan con lógica de descripciones como se ha reflejado en la Tabla A.2.52.

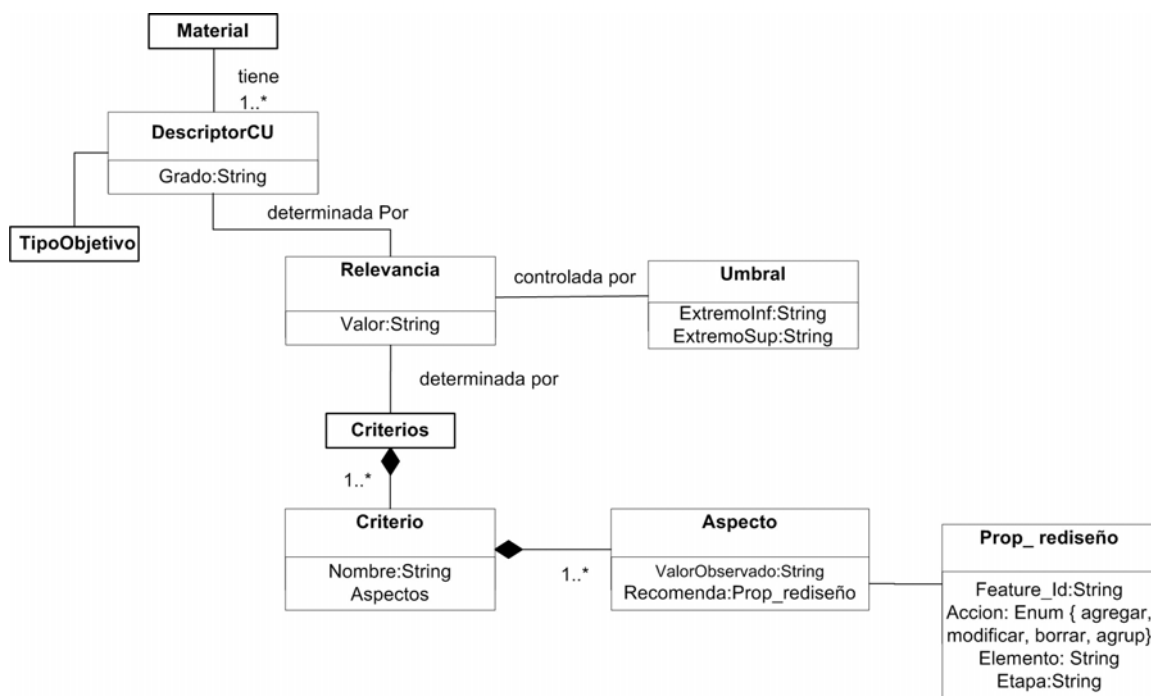


Figura. 4. 32. Elementos de la vista de Calidad (C-U).

En el Capítulo Estado de la Cuestión se analizó detalladamente un grupo de criterios que permiten valorar la utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz, de ellos sólo se han considerado como instancias del elemento *Criterio* de la Vista C-U aquellos que pueden emplearse en la evaluación formativa. Por consiguiente en la valoración de la utilidad pedagógica del material se utilizarán las instancias del elemento *Criterio* tales como la Riqueza de los contenidos, representado como *C_riqueza*; la Completitud del material definido como *C_completitud*; la Coherencia de los contenidos, representado como *C_coherenciaC*; la Exactitud de los contenidos como *C_exactitudC*; la Estructura del hipertexto definida por *C_estructuraH*. Cada uno de ellos tomará valor durante la etapa de evaluación, a partir de la valoración del desarrollador y será utilizado para determinar la relevancia del material respecto a la utilidad observada, *C_Relevancia* representada como instancia del elemento *Relevancia*. En función del valor obtenido para *C_Relevancia* tomando en consideración el umbral de calidad, *Umbral_C*, se podrá obtener la Utilidad pedagógica representada como *C_utilidadP*, que describirá la valoración del material en relación con la calidad de sus contenidos, representada como una instancia del elemento *DescriptorCU* y que permitirá decidir si el material puede ser evaluado por otros expertos para ser utilizado en el proceso educativo (una segunda iteración de la evaluación con más participantes) o si es necesario proceder antes al reajuste de sus características a través del re-diseño, considerando las propuestas descritas a través de las instancias del elemento *Recomenda*. En la Figura 4.34 se muestra de manera general las relaciones entre los criterios expuestos y la utilidad pedagógica. En las siguientes secciones se explica en detalle cada una de las

instancias de los elementos de la Vista CU relacionados con la valoración de la utilidad pedagógica (sub vista C).

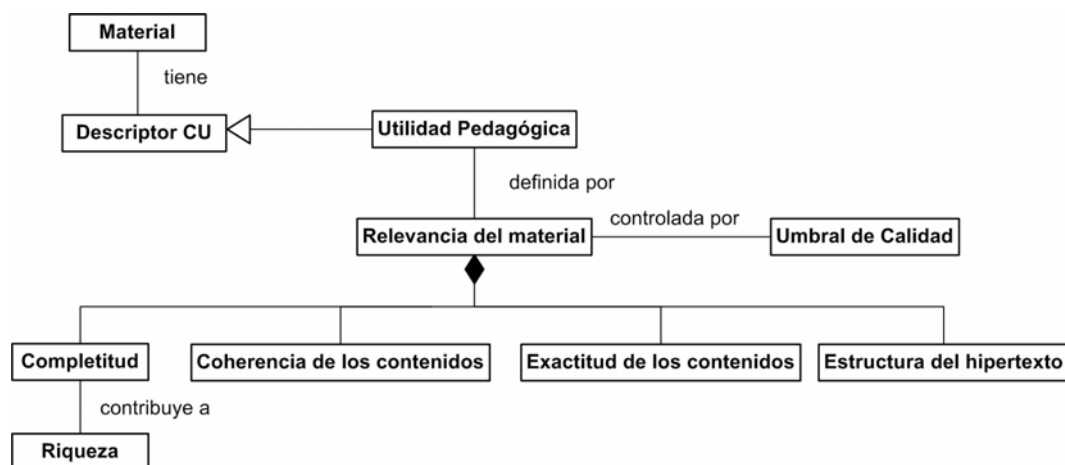


Figura. 4. 33. Elemento Utilidad Pedagógica como instancia de los descriptores de la vista C-U

En relación con la evaluación del segundo objetivo: la usabilidad de la interfaz del material, se utilizarán los siguientes criterios que se representan como instancias de *Criterio*: la Auto-evidencia presentada como *U_autoEvidencia*; la Cantidad de errores y su severidad representada como *U_cantidadError*; el Tiempo de familiarización presentado como *U_tiempoFam*, la Consistencia representada como *U_consistencia* y la facilidad de uso como *U_facilUso*. En la Figura 4.35 se presenta de manera general las relaciones entre estos criterios y la usabilidad de la interfaz del material. Cada criterio tomará un valor durante la etapa de evaluación como resultado de la valoración del desarrollador y será utilizado para determinar la relevancia del material respecto a la usabilidad, *U_Relevancia* representada como instancia del elemento *Relevancia*. En función del valor obtenido para *U_Relevancia* y tomando en consideración el umbral de usabilidad, *Umbral_U* se podrá obtener la Usabilidad observada representada como *U_usabilidadObserv*, que describirá la valoración del material respecto a la usabilidad de su interfaz como una instancia del elemento *DescriptoresCU* y que permitirá decidir si el material puede ser evaluado por otros expertos para ser utilizado en el proceso educativo o si es preciso antes realizar algún reajuste de sus características a través de algún re-diseño, considerando las propuestas descritas a través de las instancias del elemento *Recomenda*.

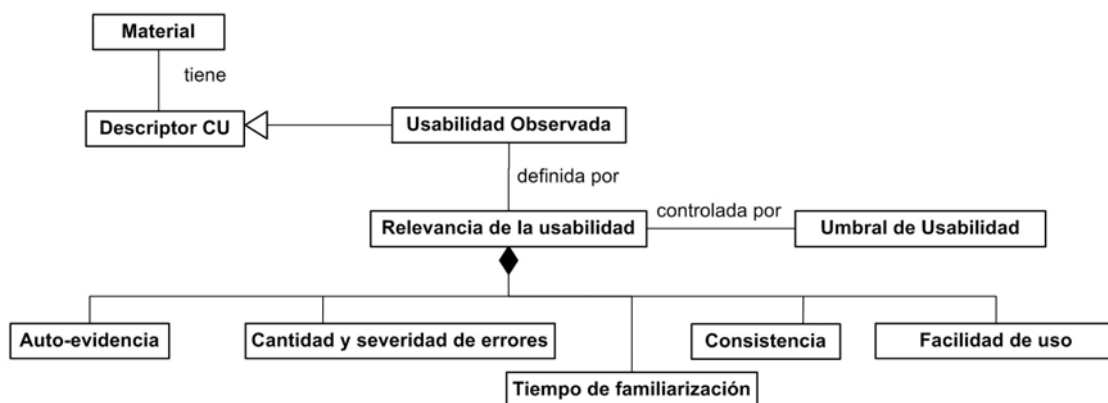


Figura. 4. 34. Elemento Usabilidad observada como instancia de los descriptores de la vista C-U

Las instancias de DescriptorCU $C_utilidad$ y $U_usabilidad$ se representan formalmente empleando lógica de descripciones *ALC* en la Tabla A2.53.

A continuación se explica en detalle cada una las instancias de los elementos de la Vista C-U, en primer lugar a relativas a la utilidad pedagógica (C) y en segundo, las relativas a la usabilidad de la interfaz (U), las relaciones con elementos de otras vistas del meta-modelo y se definen las recomendaciones para el re-diseño del material en función de cada aspecto a valorar.

4.2.4.1 Elementos descriptores relacionados con la utilidad pedagógica (C)

En la siguiente figura se muestra la utilidad pedagógica, $C_utilidadP$, que ha sido considerada como la instancia del elemento *DescriptorCU* que permitirá la evaluación del material en relación con la utilidad pedagógica. En esta sección se describen las instancias de los elementos: *Umbral*, *Criterio*, *Aspecto* y *Relevancia* relacionados con $C_utilidadP$ de acuerdo con la definición del elemento *DescriptorCU* previamente presentada.

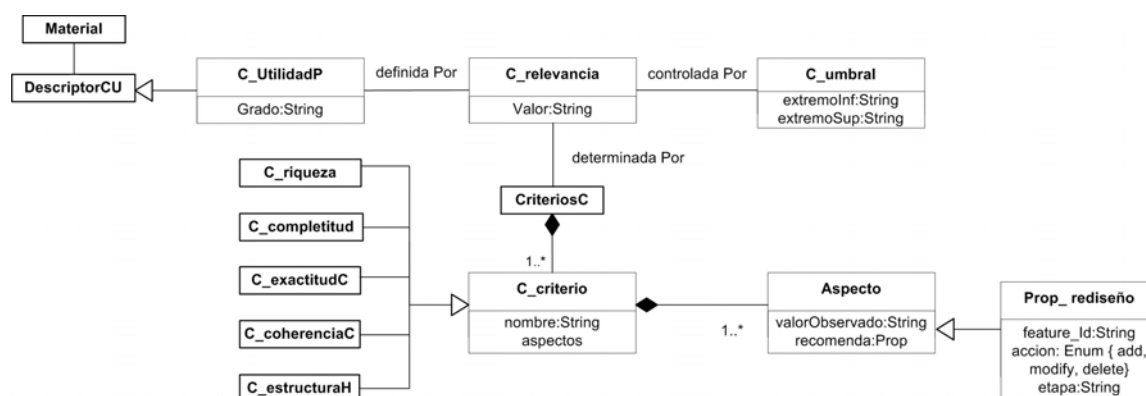


Figura. 4. 35. Instancias de los elementos de la vista U_C que facilitan la valoración de la Utilidad pedagógica

4.2.4.1.1 Umbral de calidad C_umbral

El umbral de calidad para valorar la utilidad ha sido definido a través de *C_umbral* como una instancia del elemento *Umbral*, gracias a este elemento será posible decidir en cuáles condiciones el material desarrollado puede considerarse con un nivel aceptable de utilidad pedagógica, tomando en cuenta las valoraciones de los diferentes criterios de calidad: riqueza, *C_riqueza*, completitud, *C_completitud*, coherencia, *C_coherenciaC* y exactitud de los contenidos, *C_exactitudC*, que han sido representados como instancias del elemento *Criterio*. Para cada uno de ellos se ha definido que los valores de los aspectos observados puedan tomar valores pertenecientes a conjuntos de términos lingüísticos de distribución uniforme y estén formados por cinco términos primarios. El umbral de calidad estará formado por el extremo inferior, que define el valor mínimo necesario para considerar que el material pueda ser útil y que se corresponde con el término “medio” en los diferentes conjuntos lingüísticos y el extremo superior que define el valor máximo para valorar cada criterio. Estos extremos se han definido como atributos de la instancia *C_umbral*.

A través de comparaciones con el umbral de calidad se podrá ofrecer al desarrollador la información necesaria para rediseñar el material en aquellas situaciones en las que las valoraciones acerca de estos criterios de calidad tomen valores que no pertenecen al subconjunto de términos lingüísticos definido por los extremos del umbral. En la Tabla A.2.54 se muestra la representación formal de estas relaciones utilizando lógicas de descripción *ALC*.

4.2.4.1.2 Criterio Riqueza C_riqueza

Para representar el criterio Riqueza del material se ha definido *C_riqueza* como instancia de *Criterio* que permitirá valorar el volumen de información incluida en el

material, las diferentes formas que se ofrecen para acceder a la información así como la disponibilidad de diversas formas para su presentación.

A la hora de valorar la riqueza del material obtenido el desarrollador deberá analizar si para cada objetivo educativo que se ha definido en *P_habilidades*, los contenidos del material proporcionan información necesaria y suficiente para servir de soporte en el logro de tales objetivos. En relación a las formas de acceder a la información y la disponibilidad de diversas formas de presentación se deberá tomar en consideración el tipo de material desarrollado, información que es accesible a través del atributo *IDTipo* del elemento *P_tipoMaterial* y se deberá analizar si la estructura de presentación se ha tenido en cuenta la diferenciación de información para diferentes tipos de usuarios. Para el caso del tipo de material UoL se verificará si en la estrategia elegida se muestran diferentes de formas de acceder a la información para cada tipo de participante. También se podría verificar si se muestran diversas formas de presentación en función de ciertas características personales del participante.

De acuerdo con la definición del elemento *Criterio*, éste debe incluir la observación de ciertos *Aspectos*. En el caso de *C_riqueza* estos aspectos serán la cantidad de información y las formas de presentación que se presentarán como instancias de *Aspecto* *cant_inform* y *form_present*. Los valores observados *ValorObservado* para cada uno de estos aspectos se mostrarán en forma de expresiones o escalas lingüísticas con las que las personas se sienten más identificadas a la hora de calificar, utilizando los siguientes conjuntos de términos lingüísticos {ninguna, poca, medio o alguna, bastante, mucha } *informacion/formas*, siendo “mucha” el valor máximo. Estos aspectos se han representado formalmente usando lógica de descripciones en la Tabla A2.55.

Recomendaciones para re-diseño: Si el usuario decide que la cantidad de información o formas de acceder a la información no superan el valor mínimo del umbral de calidad (valor “medio”), se considerará que el material no es lo suficientemente rico por lo que será necesario primero preguntar para cada uno de los objetivos educativos, *ObjetivoED* definidos en *P_habilidades*, cuáles son los contenidos relacionados con los objetivos que no cumplen con estos aspectos y hacer una recomendación para el re-diseño que modifique la cantidad de información facilitada por los contenidos del material y sus formas de acceso para que sean las adecuadas o esperadas por el desarrollador para satisfacer los objetivos educativos. Esta recomendación consiste en proponer que se regrese a la etapa de selección para seleccionar es decir, buscar y recuperar nuevos contenidos o versionar los contenidos especificados utilizando mecanismos de edición para que tengan más información para ello se tomará en consideración el resultado del cálculo del aspecto balance de la estructura del material definida para el criterio *C_estructuraH* y sus recomendaciones para el rediseño que se definen más adelante en esta sección. Estas recomendaciones se representan formalmente en la Tabla A.2.56.

En relación a las formas de acceso a la información de cada tipo de usuario, se deberá comprobar para cada usuario se hayan definido diferentes formas de presentación de los contenidos en función de las características del usuario. Esta última recomendación no está destinada al desarrollador, sino que debería tomarse en cuenta para modificar la plantilla de presentación del material.

De acuerdo lo anterior, el Criterio *C_riqueza* se representa formalmente utilizando lógicas de descripción ALC como en la Tabla A.2.57.

4.2.4.1.3 Criterio Completitud *C_completitud*

Para el criterio Completitud se ha definido una instancia de Criterio denominada *C_completitud*, que permitirá evaluar si el material posee contenidos suficientes para cada uno de los objetivos educativos definidos por *P_habilidades* y si los mecanismos de interacción, definidos por *S_interaccion* e implementados en el material se consideran adecuados para alcanzar dichos objetivos. Este criterio es diferente al criterio riqueza del material, puesto que éste último se refiere únicamente a la cantidad de información. Se ha definido un primer aspecto *cobertura* para analizar este criterio, representado como una instancia del elemento *Aspecto* y que permitirá la comprobación la existencia de contenidos en el material para cada uno de los objetivos educativos que se hayan definido en *P_habilidades*. Un segundo aspecto a analizar es la *idoneidad*, a través del cual el usuario deberá valorar si el nivel de interacción y la interacción entre estudiantes definidas en el elemento *S_interaccion* han sido implementados de forma adecuada y que potencien el logro de los objetivos. Los valores observados *ValorObservado* para cada uno de estos aspectos se mostrarán en forma de expresiones o escalas lingüísticas con las que las personas se sienten más identificadas a la hora de calificar, utilizando los siguientes conjuntos de términos lingüísticos {ninguna, poca, media, bastante, mucha} cobertura y {nada, poco, medio, bastante, muy} idóneo, en los que “mucha” y “muy” representan los valores máximos. Estos aspectos se han representado formalmente usando lógica de descripciones en la Tabla A2.58

Recomendaciones para re-diseño: Si el usuario observa que el alguno de los aspectos anteriores, *cobertura* e *idoneidad*, no supera el valor mínimo del umbral de calidad (valor medio), es decir que tienen valores de “ninguno” o “poco”, se entenderá que el material no es lo suficiente completo, por lo que se deberá preguntar al desarrollador cuáles objetivos no han sido cubiertos y cuál de las interacciones implementadas no es idónea, a partir de estas respuestas se podrán recomendar algunas guías para el re-diseño del material.

Para aquellos objetivos que no han sido cubiertos se deberá regresar a la etapa de selección para localizar y recuperar más contenidos que potencien los objetivos no

cubiertos, en caso de que no se encuentren se deberán facilitar mecanismos de edición que permitan crear o hacer versiones de contenidos que se ajusten a estos requisitos. En el caso de que los contenidos hayan sido seleccionados pero no están disponibles en la visualización, se deberá verificar si sus referencias dentro de la estructura del material ha sido definidas correctamente regresando a la etapa de composición o si por alguna razón estas referencias han cambiado, deberán localizarse nuevamente estos recursos o aquellos con características similares regresando a la etapa de selección.

Si el tipo de interacción ha sido valorada como no idónea, en primer lugar se deberá verificar que cualquier cambio en el tipo de interacción no provoque contradicciones en relación a las restricciones definidas entre *S_interaccion* y la estrategia pedagógica definida por *P_estrategia*. Si este cambio no provoca contradicciones entonces durante la composición se podrá cambiar el mecanismo de interacción definido en *S_elementosEstandar* de acuerdo con la correspondencia con el estándar de presentación y entrega empleado. Esto podría implicar hacer cambios en la presentación de los contenidos o cambiar los servicios de comunicación asociados a la estrategia: por ejemplo un Chat por un foro. Estas recomendaciones se representan formalmente en la Tabla A.2.59. Tomando en consideración lo explicado previamente el Criterio *C_completitud* se representa formalmente utilizando lógicas de descripción *ALC* como en la Tabla A.2.60.

4.2.4.1.4 Criterio Coherencia de los contenidos *C_coherenciaC*

El criterio Coherencia de los contenidos se ha representado como una instancia de Criterio *C_coherenciaC* que permitirá evaluar si existe coherencia entre los contenidos que forman el material. Si los contenidos deben tratar sobre una determinada temática *DC_tema*, el desarrollador deberá verificar que todos los contenidos sean realmente de la misma temática y que entre ellos no existan contradicciones en relación con los objetivos que se necesitan alcanzar. Para facilitar esta verificación se utilizará una instancia de Aspecto denominada *contradicciones*, que determinarán el grado de coherencia observado y los posibles valores observados se mostrarán al desarrollador en forma de expresiones o escalas lingüísticas utilizando el conjunto de términos lingüísticos {ninguna, poco, medio o alguna, bastante, mucha} contradicción. Para la valoración este criterio, la escala de valoración está invertida respecto al resto de los criterios de calidad y como consecuencia el valor máximo será “ninguna” y la comparación con el umbral de calidad deberá determinar que los valores aceptados son {ninguna, poca y alguna} . Dichos aspectos se representan formalmente en la Tabla A.2.61.

Recomendaciones para re-diseño: Cuando la valoración del usuario sobre la coherencia de los contenidos, expresada como la observación de contradicciones entre

los contenidos o la existencia de contenidos que no traten de la temática resulta en un valor que no pertenece al conjunto definido por el umbral de calidad, se mostrará un listado de los contenidos del material y se pedirá al desarrollador que elija cuáles presentan contradicciones o no pertenecen a la temática, *DC_tema*. Para aquellos contenidos del material que son contradictorios respecto a los objetivos educativos definidos en *P_habilidades*, se deberá regresar a la etapa de selección y facilitar mecanismos de edición para corregir las contradicciones. Para el caso en que no se ajusten a la temática se deberán localizar y seleccionar o crear nuevos contenidos. Estas recomendaciones se representan formalmente en la Tabla A.2.62. Y de acuerdo con las descripciones anteriores el Criterio *C_coherencia* se podrá representar formalmente utilizando lógica de descripciones como en la Tabla A.2.63.

4.2.4.1.5 Criterio Exactitud de los contenidos *C_exactitudC*

El criterio Exactitud de los contenidos permitirá al desarrollador valorar en qué grado las características de los contenidos del material desarrollado se ajustan a sus necesidades de desarrollo, es decir, si los contenidos pertenecen a la temática elegida y facilitan información que potencia el alcance de todos los objetivos educativos establecidos. Este criterio se representará como una instancia de Criterio denominada *C_exactitudC*. La temática elegida se corresponde con el valor del identificador *ID* del elemento *DC_tema* y los objetivos educativos, con los valores de *ObjetivosED* del elemento *P_habilidades*. Considerando lo anterior, el criterio *C_exactitudC* incluye dos instancias del elemento Aspecto: *relacionTema* para comprobar el grado de relación con la temática la elegida y *relacionObjetivos*, para comprobar si la información proporcionada por los contenidos facilita o potencia el logro de objetivos establecidos. Los valores observados de estos aspectos se mostrarán al desarrollador en forma de expresiones o escalas lingüísticas utilizando el conjunto de términos lingüísticos {nada, poco, medio, bastante, muy}, donde “muy” representa al valor máximo. Estos aspectos se representan formalmente en la Tabla A.2.64.

Recomendaciones para re-diseño: Si el usuario valora que la exactitud del material obtenido se refleja en valores para alguno de los dos aspectos *relacionTema* o *relacionObjetivos* que no supere al valor mínimo del umbral de calidad, se facilitarán los medios al usuario para que pueda elegir cuáles contenidos exhiben tales carencias. Con esta información se podrá recomendar que se regrese a la etapa de selección, para tratar de localizar y recuperar o crear nuevos contenidos, en aquellos casos en que no se encuentre ningún contenido en los repositorios sobre la temática establecida y relacionados con los objetivos educativos, que sustituyan a los anteriores. En cualquier caso se deberá verificar a través de la edición que los contenidos potencien de forma

explícita los objetivos establecidos. Estas recomendaciones se representan formalmente usando lógicas de descripción ALC en la Tabla A.2.65. De acuerdo con las descripciones anteriores el Criterio *C_exactitud* se representa formalmente en la Tabla A.2.66.

4.2.4.1.6 Criterio Estructura del hipertexto *C_estructuraH*

El criterio Estructura del hipertexto, se ha representado como la instancia de Criterio *C_estructuraH* y tiene el objetivo de ofrecer a los desarrolladores medidas objetivas que ayuden a detectar problemas en la estructura del material [31]. Este criterio tiene en consideración un conjunto de aspectos, que se explicaron en la sección Métricas de Utilidad pedagógica del capítulo Estado de la Cuestión, tales como el balance de la estructura, la conectividad, el carácter modular, la utilización de estructuras jerárquicas que faciliten la navegación y eviten la desorientación. Los cuatro últimos han sido incluidos implícitamente en nuestra solución al desarrollo del material puesto que en la composición se utilizan plantillas, basadas en alguna de las especificaciones o estándares: IMS LD; IMS QTI o IMS CP, que determinan formas de presentación y formato de entrega del material que cumplen con los aspectos antes mencionados. Por consiguiente, en la evaluación del material respecto al criterio estructura del hipertexto deberá valorarse el aspecto balance de la estructura.

Un material se considera que está balanceado, de acuerdo con Díaz en [31], si para todos los temas tratados, existe uniformidad en la cantidad de información representada para cada tema, es decir, que todos los temas han sido tratados con una profundidad similar. El balance de la estructura del material se puede calcular de manera automática sin la intervención del usuario, empleando algoritmos que a partir de determinada estructura jerárquica permitan determinar si para cada uno de sus nodos de la estructura existe un número uniforme de nodos hijos. Para cada uno de los diferentes tipos de material definidos por el atributo identificador del elemento *P_TipoMaterial*, se podrá realizar la verificación en la plantilla de presentación correspondiente del número de recursos asociados a cada uno de los componentes, definidos en el atributo *Componentes* de *P_tipoMaterial*, que representen los conceptos a tratar sobre un determinado tema y potencian los diferentes objetivos definidos en *P_habilidades*. En el caso del tipo LO, se verificará que en la plantilla de presentación, el número de recursos asociados a los diferentes *cp:item* en los que se presentan los conceptos relacionados con esa temática, sea uniforme. Para el tipo QTI se comprobará que para cada uno de los conceptos relacionados con la temática exista un número uniforme de preguntas *qti:items*. Para el tipo UoL, se verificará que las *imslid:activity* en las que se tratan los diferentes conceptos relacionados con la temática exista un número uniforme de referencias incluidas en sus *imslid:environment*.

De acuerdo con lo anterior, para el criterio *C_estructuraH* se considerará una instancia del elemento Aspecto denominada balance, cuyo valor observado será el resultado del algoritmo que calcule el balance de la estructura del material, como este valor se calcula sin la intervención del usuario, no se representará a través de un conjunto de etiquetas lingüísticas, sino que será una cadena de caracteres cuyos posibles valores serán “balanceada” o “no balanceada”. De acuerdo con ello, este aspecto se representa formalmente empleando lógica de descripciones como en la Tabla A.2.67.

Recomendaciones para re-diseño: Si el algoritmo para determinar el balance obtiene que el valor de la estructura es “no balanceada”, se deberá señalar cuáles elementos de la estructura del material, representados como un nodo padre en el árbol de la estructura del material, representada por la plantilla de presentación elegida, posee un número diferente a $n+1$ o $n-1$, donde n es el número de nodos hijos más frecuente encontrado para cada nodo padre de la estructura. En tal caso deberá informarse al desarrollador cuáles son los recursos asociados a los nodos de la estructura de dicho nodo padre de manera que el desarrollador decida cuales recursos suprimir, agrupar o modificar para que tras el re-diseño la estructura resulte balanceada, si se necesita que la estructura esté balanceada para el logro de los objetivos educativos. Esta información será de utilidad para el rediseño del material para casos en los que el aspecto cantidad de información, *cant_info* del criterio *C_riqueza* sea inferior al umbral de calidad puesto que se le podrá indicar al desarrollador el número m de recursos de información que deberán añadirse a los contenidos para lograr que el material además de tener una riqueza aceptable, posea una estructura balanceada. Estas recomendaciones se representan formalmente en la Tabla A.2.68. De acuerdo con dichas descripciones anteriores la definición formal del Criterio *C_estructuraH* se presenta en la Tabla A.2.69.

4.2.4.1.7 Relevancia del material respecto a la utilidad *C_relevancia*

La relevancia del material respecto a la utilidad pedagógica, se ha representado como *C_relevancia*, instancia del elemento *Relevancia* cuando *TipoObjetivo* toma el valor de “utilidad”. Gracias a ella será posible verificar si los contenidos del material cumplen con unos mínimos de calidad, de forma que pueda servir de soporte a cierto proceso educativo y en caso de que no se cumplan estos mínimos facilitará información que permita el rediseño del material. De acuerdo con la definición de Relevancia, su Valor se calcula de forma automática al comparar respecto al elemento *Umbral* los valores de los aspectos incluidos en cada uno de los *Criterios* relacionados con el *TipoObjetivo* y siguiendo el conjunto de reglas de agregación, *Reglas*. En este caso, el

valor para la relevancia del material se almacena en una instancia de Valor denominada *Grado_relevancia* cuyos posibles valores también pertenecen al conjunto de términos lingüísticos {muy poco, poco, medio, bastante, muy} relevante. Dicho valor se determinará de forma automática a partir del resultado de la comparación de los valores de cada uno de los aspectos de las instancias de Criterio *C_riqueza*, *C_completitud*, *C_coherenciaC* y *C_exactitudC* con el umbral de calidad, *C_umbral*, de forma que se pueda tener una estimación de la posible utilidad pedagógica del material que se ha desarrollado.

El valor que tomará la instancia de Valor *Grado_relevancia* depende de la aplicación del conjunto reglas de agregación, *Reglas (C_Relevancia)*.

Al aplicar la regla *Relevancia_r1* considerando la utilidad pedagógica como objetivo de evaluación, la condición necesaria que debe cumplirse para que un material tenga cierta relevancia es que la valoración sobre la exactitud de los contenidos sea positiva puesto que no tendrá sentido hablar de utilidad cuando los contenidos del material obtenido no guarden relación alguna ni con la temática, ni con los objetivos educativos planteados. Es decir que si al menos uno de los aspectos del Criterio *C_exactitud* no pertenece al intervalo de valores definido por el umbral de calidad, *C_umbral*, el material obtenido será muy poco relevante, será necesario iniciar nuevamente el desarrollo del material, tomando como guías las recomendaciones para el re-diseño del aspecto correspondiente. De forma que la regla *Relevancia_r1* se instanciará como:

$$\text{Relevancia_r1(C_Relevancia)} \doteq \exists \geq 1 \text{ depende. Criteriodisc (C_exactitud)} \quad \blacksquare$$

$$[\text{Aspecto(relacion_tema). difiere Umbral(Umbral_C)}] \blacksquare [\text{Aspecto(relacion_objetivo). difiere Umbral(Umbral_C)}], [\text{Valor (Grado relevancia)=muy poco relevante}]$$

Al aplicar la segunda regla de agregación *Relevancia_r2*, si la mayoría de los valores observados para los aspectos del resto de los criterios a considerar: *C_riqueza*, *C_completitud*, *C_coherenciaC* no pertenecen al umbral de calidad, el material será poco relevante y será preciso reiniciar el desarrollo del material, considerando las recomendaciones para el re-diseño de los aspectos con valores no aceptables. De forma que la regla se instanciará como:

$$\text{Criterios(utilidad)} \doteq C_riqueza \blacksquare C_completitud \blacksquare C_coherenciaC$$

$$\text{Relevancia_r2(C_Relevancia)} \doteq [\forall \text{ depende. Criterios(utilidad)} \blacksquare (\text{tiene Aspecto difiere Umbral(Umbral_C)})], [\text{Valor (Grado_relevancia)= poco relevante}]$$

Las reglas antes explicadas permiten determinar cuándo la instancia de Valor *Grado_relevancia* toma valores de muy poco o poco relevante. Para determinar el resto de sus posibles valores, habrá que analizar el valor que muestran la mayoría de los aspectos considerados para los criterios de calidad, tomando en consideración las reglas de agregación *Relevancia_r3*, *Relevancia_r4* y *Relevancia_r5* aplicadas en ese orden. De acuerdo con ellas, un material será más relevante si los valores de los

aspectos de Completitud, Riqueza y Coherencia son más cercanos a sus valores máximos y será menos relevante en la medida en que todos o la mayoría de dichos aspectos se acerquen a sus valores mínimos.

Una vez recuperados los valores de Aspectos de todos las instancias de Criterio ($C_{riqueza}$, $C_{completitud}$, $C_{coherencia}$) se deberán comparar con el valor del extremo superior del umbral de Calidad aplicado a cada criterio y contabilizar cuántos cumplen la condición “La mayoría de los atributos valorados tiene el valor máximo de la escala de valoración, entonces el material es muy relevante” esta regla se puede instanciar como $Relevancia_{r3}(Relevancia_C)$.

$$Relevancia_{r3}(C_{Relevancia}) \doteq \forall \text{ depende. Criterios(utilidad) } \prod [\text{tiene Aspecto (igual ExtremoSup(Umbral_C))}, [\text{Valor (Grado_relevancia) =muy relevante}]]$$

A continuación se recuperarán los aspectos de todos los criterios que no cumplían con la condición de la regla $Relevancia_{r3}$ y se comparan con el extremo inferior del umbral, se contabilizará el número de aspectos y se aplica la regla $Relevancia_{r4}$ para determinar si se puede afirmar que el material es medianamente relevante.

$$Relevancia_{r4}(C_{Relevancia}) \doteq \forall \text{ depende. Criterios(utilidad) } \prod [\text{tiene Aspecto difiere. (ExtremoInf (Umbral_C))}, [\text{Valor (Grado_relevancia) =bastante relevante}]]$$

Si no se cumple la condición anterior será necesario verificar cuales de estos aspectos tienen valores iguales al extremo inferior, si la mayoría es igual al extremo inferior entonces se puede decir que el material es medianamente relevante, de acuerdo con la regla $Relevancia_{r5}$. Pero si no se cumplen ninguno de los casos anteriores se deberá aplicar la regla $Relevancia_{r2}$ por lo que el material sería poco relevante y hace falta rediseñarlo.

$$Relevancia_{r5}(C_{Relevancia}) \doteq \forall \text{ depende. Criterios (utilidad) } \prod [\text{tiene Aspecto (igual.(ExtremoInf(Umbral_C))}, [\text{Valor (Grado_relevancia) = medio relevante}]]$$

En todos los casos analizados, para todos aquellos aspectos que no pertenezcan al umbral será preciso rediseñar el material, siguiendo sus correspondientes recomendaciones para el re-diseño, representadas a través de la instancia $Recomendaciones(C_{relevancia})$ que contendrá una lista de todas estas recomendaciones. En el caso de la valoración del aspecto Balance de la estructura, definido para el criterio $C_{estructuraH}$, que se calcula de forma automática y no se ha incluido entre en los criterios considerados en las reglas de agregación para obtener el valor del $Grado_relevancia$, porque el análisis del aspecto balance de la estructura tiene más repercusión sobre la valoración y las recomendaciones para el re-diseño del criterio Riqueza del material que sí ha sido considerado al aplicar las reglas de agregación. El valor del balance de la estructura facilitará información importante para el rediseño del material en aquellas situaciones en las que el valor del aspecto $Cant_info$ del criterio riqueza del material $C_{riqueza}$ no pertenezca al umbral de

calidad. De acuerdo con lo antes explicado la relevancia del material respecto a la utilidad, *C_relevancia*, se representa formalmente como en la Tabla A.2.70.

4.2.4.1.8 Utilidad pedagógica *C_utilidadP*

La utilidad pedagógica se ha representado como *C_utilidadP* y será una instancia del elemento *DescriptoresCU*, cuyo objetivo es facilitar al desarrollador información sobre el valor pedagógico que podría aportar el material al considerar la valoración de su desarrollador acerca de cada uno de los aspectos de los criterios de calidad empleados en la evaluación formativa. De acuerdo con la definición del elemento *DescriptorCU* incluirá un atributo *Grado* de tipo String para almacenar el valor o grado de utilidad observado que se corresponde con el *Valor* obtenido para la instancia de *Relevancia*, *C_relevancia*. Para el caso de *C_UtilidadP* la instancia de *Grado* se ha denominado *Grado_utilidad* y podrá tomar valores que pertenecen al conjunto de términos lingüísticos {muy poco, poco, medianamente, bastante, muy} útil y que tienen correspondencia directa 1 a 1 con los valores de *C_relevancia*. De manera que el elemento *C_utilidadP* se representa formalmente como en la Tabla A.2.71.

4.2.4.2 Elementos descriptores relacionados con la usabilidad de la interfaz (U)

En el capítulo del Estado de la Cuestión se analizó un conjunto de criterios y métricas propuestas para la evaluación de la usabilidad de la interfaz en [31]. De dicho conjunto se han elegido aquellos que pueden ser empleados en la evaluación formativa del material y que facilitarán la información necesaria para describir el material de acuerdo con la definición del elemento *DescriptorCU* para el tipo de objetivo de evaluación: usabilidad. Los criterios elegidos podrán ser representados como instancias del elemento *Criterio* y ellos son la Auto-evidencia definida por la instancia *U_autoEvidencia*; la Cantidad de errores y la severidad de estos errores representada como *U_cantidadError*, el Tiempo de familiarización presentado como *U_tiempoFam*, la Consistencia definida por *U_consistencia* y la Facilidad de uso como *U_facilUso*. Cada uno de ellos tomará un valor durante la etapa de evaluación como resultado de la valoración del desarrollador y será utilizado para determinar la relevancia del material respecto a la usabilidad, *U_Relevancia*, representada como instancia del elemento *Relevancia*. En función del valor obtenido para *U_Relevancia* se podrá obtener el *Grado* de la Usabilidad observada representada como *U_usabilidadObserv*, que describirá la valoración del material en relación con la usabilidad, representada como una instancia del elemento *DescriptoresCU* y permitirá decidir si el material puede ser evaluado por otros expertos para ser utilizado en el proceso educativo (una segunda iteración de la

evaluación con más participantes) o si antes es preciso realizar algún reajuste de sus características a través del re-diseño, considerando las propuestas descritas a través de las instancias *Recomenda* incluidas en *U_Relevancia*.

En la siguiente figura se muestran estas instancias y en las sub-secciones que siguen se describen cada una de estas instancias sus posibles valores y las recomendaciones para el rediseño del material a emplear en los casos en los que los valores de los aspectos de cada instancia de *Criterio* no se correspondan con los valores mínimos aceptables o no pertenezcan al intervalo definido por la instancia *U_umbral* del elemento *Umbral*.

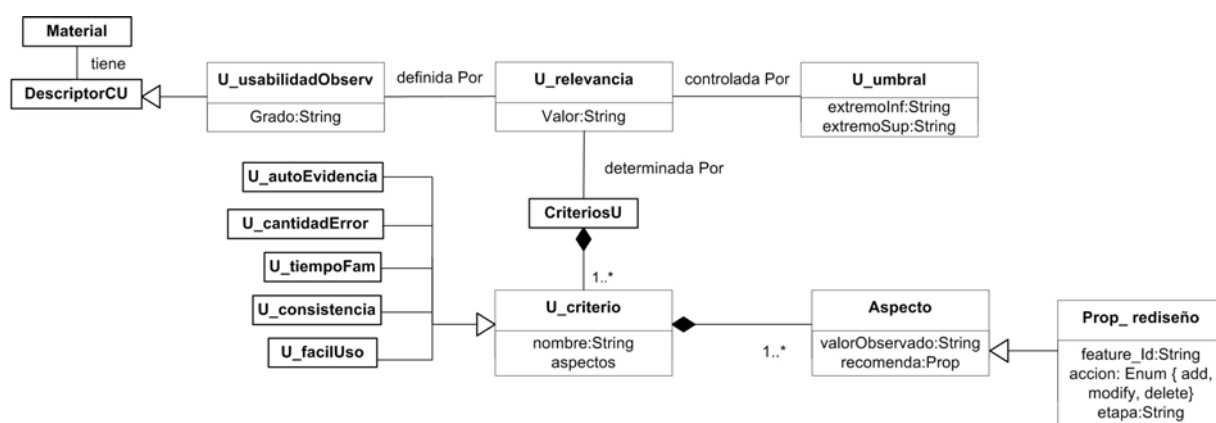


Figura. 4. 36. Instancias de los elementos de la vista U_C que facilitan la valoración de la Usabilidad observada

4.2.4.2.1 Umbral de usabilidad U_umbral

El umbral de usabilidad ha sido definido a través de *U_umbral* como una instancia del elemento *Umbral* y gracias a este elemento será posible decidir en cuáles condiciones el material desarrollado puede considerarse con un nivel aceptable de usabilidad, de acuerdo con las valoraciones de los diferentes criterios de usabilidad definidos a través de instancias del elemento *Criterio*: Autoevidencia, *U_autoEvidencia*; Cantidad y severidad de errores, *U_cantidadError*; Tiempo de familiarización, *U_tiempoFam*; Consistencia *U_consistencia* y Facilidad de uso, *U_facilUso*. Para cada uno de ellos se ha definido que los valores de los aspectos analizados u observados puedan tomar valores pertenecientes a conjuntos de términos lingüísticos de distribución uniforme y están formados por cinco términos primarios. El umbral de calidad estará formado por el extremo inferior, que define el valor mínimo necesario de usabilidad y que se corresponde con el término “medio” en los diferentes conjuntos lingüísticos y el extremo superior que define el valor máximo para valorar cada criterio. Estos extremos se han definido como atributos la instancia de Umbral *U_umbral*.

A través de comparaciones con el umbral de usabilidad se podrá ofrecer al desarrollador la información necesaria para rediseñar el material en aquellas situaciones en las que sus valoraciones acerca de los criterios de usabilidad correspondan a valores que no pertenecen al subconjunto de términos lingüísticos definido por los extremos del umbral. El umbral de usabilidad se representa formalmente usando lógicas de descripción ALC en la Tabla A.2.72.

4.2.4.2.2 Criterio Auto-evidencia $U_{\text{autoevidencia}}$

Este criterio de forma general permite determinar con qué facilidad los usuarios pueden imaginar el significado y propósito de cada uno de los elementos utilizados en la interfaz del material [44] y por lo tanto, facilita el análisis de cuán tangible es el material y sus funcionalidades. Para el caso de la evaluación de los materiales didácticos, este criterio se puede valorar con más datos de forma experimental durante el desarrollo del proceso educativo, sin embargo es importante que se incluya en la evaluación formativa para asegurar el material tenga un grado aceptable de usabilidad antes de ser utilizado en el proceso educativo, por lo que será necesario que el desarrollador compruebe si los contenidos del material han sido expresados de forma clara e inequívoca valorando la redacción y presentación de los conceptos requeridos. Para facilitar esta valoración la instancia de Criterio $U_{\text{autoevidencia}}$ empleará una instancia de *Aspecto* denominada *presentacion*, de manera que el desarrollador pueda valorar la redacción y presentación de los contenidos del material especialmente relacionados con los conceptos definidos en el elemento Habilidades cognitivas, $P_{\text{habilidades}}$. Los valores permitidos para la instancia de Valor Observado de este Aspecto pertenecen al conjunto de términos lingüísticos {muy poco, poco, medianamente, bastante, muy} clara, siendo muy clara el valor máximo o más deseado y se representa formalmente usando lógicas de descripción ALC en la Tabla A.2.73.

Recomendaciones para el re-diseño: Si la valoración del aspecto *presentacion* resulta en valores de “poco” o “muy poco clara”, se deberá mostrar el listado de conceptos tratados por el material para que el desarrollador elija cuáles conceptos no han sido presentados o expresados de forma clara, de modo que se pueda recomendar al desarrollador que verifique la presentación y redacción de tales conceptos. En tales casos, se deberá regresar a la etapa de selección, deben editarse seleccionados los contenidos de forma que pueda modificar la redacción y presentación. Estas recomendaciones se representan formalmente usando lógicas de descripción ALC en la Tabla A.2.74. De acuerdo con lo anterior el Criterio $U_{\text{autoevidencia}}$ se representa formalmente usando lógicas de descripción ALC en la Tabla A.2.75.

4.2.4.2.3 Criterio Cantidad y severidad de errores *U_cantidadError*

En el Capítulo Estado de la Cuestión se analizó que el criterio Frecuencia y severidad de errores permite comprobar el grado o nivel de influencia del diseño del material sobre la frecuencia de errores cometidos por los usuarios al interactuar con el material, además, de la valoración de la severidad de estos errores. Si tomamos en cuenta que la frecuencia de errores se calcula como la cantidad de errores cometidos en un determinado periodo de tiempo, este criterio no podrá valorarse en la evaluación formativa que nos ocupa puesto que no se cuenta con información suficiente relacionada con el tiempo, sin embargo la cantidad de errores que se comentan en una interacción con el material y la severidad de estos errores sí que debe considerarse durante la evaluación formativa, puesto que es inaceptable que las interacciones con el material provoquen errores cuya severidad impida la consecución de los objetivos educativos.

Generalmente los esfuerzos por garantizar la usabilidad se centran en la prevención de errores y paradójicamente muchas de las actividades de instrucción se diseñan para motivar a los estudiantes a aprender de sus errores. Esto podría traer como consecuencia cierta tensión entre los objetivos de una buena usabilidad y los requisitos de un diseño instructivo efectivo, esta tensión se puede resolver de acuerdo con [72] al distinguir entre dos posibles tipos de interacción del estudiante con el material: las interacciones con los contenidos del material y las interacciones con su interfaz. El criterio cantidad de errores se refiere a este último tipo de interacción, permitirá la valoración sobre el número de errores que se producen en la interacción y el posible impacto de los errores en el logro de los objetivos educativos, es decir, la severidad de tales errores. Por lo que el desarrollador deberá valorar si se producen errores a interactuar con los elementos que conforman la interfaz del material, estos errores podrán estar relacionados con el acceso correcto a los diferentes componentes del material, definidos a través del elemento *P_tipoMaterial* y las facilidades en la interacción que permitan el alcance de los objetivos definidos según el elemento *P_habilidades*.

Este criterio se podrá representar como una instancia del elemento Criterio denominada *U_cantidadError* y permitirá la valoración de dos aspectos: la cantidad de errores y la severidad. Cada uno de ellos puede representarse como *cant_errores* y *severidad*, instancias del elemento *Aspecto*. Los valores observados de estos aspectos se mostrarán al desarrollador en forma de expresiones o escalas lingüísticas utilizando el conjunto de términos lingüísticos {muy poco, poco, medio bastante, mucho}, donde “muy poco” representa al máximo valor esperado y la comparación respecto al Umbral estará invertida. Estos aspectos se representan formalmente usando lógicas de descripción *ALC* en la Tabla A.2.76.

Recomendaciones el re-diseño: Se considerara como inaceptable que la presentación de los elementos de la interfaz del material provoque que el usuario cometa muchos errores o que éstos se consideraren de gran importancia e influencia para el desarrollo exitoso de las tareas del usuario. Por consiguiente si el desarrollador estima que la severidad de errores tiene valores de “bastante” o “mucho” impacto o que la cantidad de errores tenga valores de “bastantes o muchos” errores. Deberán facilitarse los medios para que el desarrollador seleccione qué elementos de la interfaz del material provocan errores de acceso a los componentes del material y se deberá recomendar que se modifiquen la presentación y la forma de interacción en correspondientes las instancias del elemento *S_elementosEstandar* mediante su edición durante la etapa de composición. Estas recomendaciones se representan formalmente usando lógicas de descripción *ALC* en la Tabla A.2.77. De acuerdo lo anterior, el criterio *U_cantidadError* se representa formalmente usando lógicas de descripción *ALC* en la Tabla A.2.78.

4.2.4.2.4 Criterio Tiempo de familiarización *U_tiempoFam*

El criterio Tiempo de familiarización permite determinar la facilidad de aprendizaje del usuario sobre diseño del material, específicamente con su presentación [89]. A través de este criterio se podrá identificar con qué rapidez el usuario del material sería capaz de interactuar con el material y alcanzar los objetivos educativos definidos, la primera vez que trabaja con el material. La valoración de este criterio puede utilizarse como referencia para estimar cuánto tiempo podrían tardar los estudiantes para familiarizarse con el material cuando interactúen con él durante el proceso educativo, de manera que sea posible evitar una sobrecarga cognitiva para la audiencia destino y se asegure que el tiempo de interacción es utilizado en concentrar esfuerzos para tratar de alcanzar las competencias definidas y no en tratar de entender cómo trabajar con él material. Por estas razones no se permitirá que el tiempo de familiarización sea mayor que un tercio del Esfuerzo estimado, definido por el atributo *duracionEsf* elemento *P_esfuerzoEstimado*, para alcanzar las habilidades cognitivas que se hayan definido en el elemento *P_habilidades*. Se usará el valor de *duracionEsf/3* como referencia para valorar el tiempo de familiarización en el formato hh:mm:ss (horas: minutos:segundos).

Este criterio se representará como una instancia del elemento *Criterio* llamada *U_tiempoFam*, que permitirá la valoración del desarrollador acerca de una instancia de Aspecto denominada *tiempobserv* tomando en cuenta la comparación con el valor de referencia *duracionEsf/3*. Los valores posibles para dicho aspecto pertenecen al conjunto de términos lingüísticos {mucho mas, algo mas, igual, algo menos, mucho menos} tiempo que la referencia, siendo “mucho menos” el valor máximo. En este caso

la comparación respecto al *Umbral* estará invertida. Este aspecto se representa formalmente usando lógicas de descripción *ALC* en la Tabla A.2.79.

Recomendaciones para el re-diseño: Si la valoración del desarrollador acerca del tiempo de familiarización resulta en valores de “mucho mas” o “algo mas” que el valor de referencia, se considerará que la interacción con el material representa una carga cognitiva adicional al proceso educativo por lo que deberá proponerse al desarrollador en primer lugar que verifique si la relación entre el valor de *P_dificultad* de la presentación y el valor especificado para la duración de *P_esfuerzoEstimado* es adecuada para que el estudiante pueda alcanzar las competencias, conceptos o habilidades definidos en *P_habilidades*. Esta recomendación deberá realizarse durante la etapa de selección y se deberá variar alguno de los datos de entrada para los elementos *P_dificultad* y *P_esfuerzoEstimado*. Si la relación no se considera adecuada entonces durante la selección deberá realizarse alguna de las siguientes modificaciones: cambiar el valor del tiempo de presentación, *TiempoPresen*, incluido en el elemento *P_dificultad* o cambiar el valor del *duracionEsf* del elemento *P_esfuerzoEstimado*. Como consecuencia de estas modificaciones se deberá modificar también la plantilla de presentación del material tomando en cuenta las relaciones del elemento *P_dificultad* con *S_elementosEstandar* en durante la etapa de composición. Estas recomendaciones se representan formalmente usando lógicas de descripción *ALC* en la Tabla A.2.80. Tomando en consideración dichas representaciones, el Criterio *U_tiempoFam* se representa formalmente usando lógicas de descripción *ALC* en la Tabla A.2.81.

4.2.4.2.5 Criterio Consistencia *U_consistencia*

El criterio Consistencia es utilizado para determinar si los elementos que son similares conceptualmente son representados de la misma forma y si existen diferencias en la representación de aquellos que son diferentes desde el punto de vista conceptual [31]. En el caso de los materiales didácticos es crucial que se reconozca u observe cierta consistencia en la distribución de contenidos y en la estructura de presentación que facilite su exploración [72;123]. Si el material es consistente será más fácil de usar, de recordar y por tanto se liberará una carga cognitiva importante, de forma que los usuarios del material podrán centrar su atención en desarrollar las tareas que les permitan alcanzar sus objetivos educativos.

Este criterio se ha representado como una instancia del elemento Criterio denominada *U_consistencia*. Para su valoración durante la evaluación formativa se deberá comprobar que en la presentación del material se han establecido elementos que permitan diferenciar los contenidos y actividades definidas para diferentes roles:

docentes, estudiantes y si para todos los tipos componentes del material se han establecido elementos que permitan organizar y mostrar de forma homogénea la descripción de cada componente y el acceso a ellos. Estas valoraciones se podrán realizar al analizar las instancias de *Aspecto* llamadas *intra_componentes*, para el primer tipo de valoración e *inter_componentes*, para el segundo. Según las observaciones del evaluador (desarrollador) estos aspectos podrán tomar valores pertenecientes al conjunto de términos lingüísticos {muy, bastante, medio, poco, muy poco} consistente, siendo “muy consistente” el valor máximo asignado para aquellos materiales en los que se observe que la interacción y la navegación sea intuitiva, predecible. Mientras que se asignará el valor “muy poco consistente” a aquellos materiales que presenten problemas para la navegación, exploración e interacción debido a enlaces rotos, una pobre e inconsistente organización y distribución de los elementos de la presentación. Estos dos aspectos se representan formalmente usando lógicas de descripción *ALC* en la Tabla A.2.82.

Recomendaciones para el re-diseño: Si alguna de las valoraciones del desarrollador acerca de los aspectos *inter_componentes* o *intra_componentes* resultara en valores “muy poco” o “poco” consistente será necesario facilitar al desarrollador un listado de los componentes del material, disponibles a través del elemento *P_tipoMaterial* para que el desarrollador o evaluador seleccione cuáles no cumplen con las condiciones de consistencia, de manera que se pueda regresar a la etapa de composición y se utilicen mecanismos para la edición de los elementos de presentación, *S_elementosEstandar* relacionados de cada uno de los componentes elegidos. Estas recomendaciones se representan formalmente usando lógicas de descripción *ALC* en la Tabla A.2.83. Tomando en consideración dichas representaciones, el Criterio *U_consistencia* se representa formalmente usando lógicas de descripción *ALC* en la Tabla A.2.84.

4.2.4.2.6 Criterio Facilidad de uso *U_facilUso*

En el análisis realizado en Capítulo del Estado de la Cuestión sobre la aplicación de las diferentes criterios para evaluar la usabilidad de la interfaz del material se incluía el criterio Eficiencia de uso, que permite determinar en qué grado el uso del material facilita que el usuario desarrolle con éxito sus tareas, una vez que el usuario está familiarizado con la interfaz del material. De acuerdo con esto, la eficiencia de uso sólo puede ser evaluada al considerar la interacción de los participantes durante en el desarrollo del proceso educativo y sus resultados. Sin embargo consideramos que es importante que se valore de alguna forma, antes de que se inicie el proceso educativo, si el material puede servir de soporte a un determinado proceso, para facilitar este tipo de valoración durante la evaluación formativa se ha incluido el criterio Facilidad de

uso. De acuerdo con Mayhew en [75] este criterio que permite determinar en qué grado el diseño de un producto software y su interfaz facilita que el usuario desarrolle las tareas que le permitirán alcanzar sus objetivos. Tomando como referencia la experiencia del *Learning Object Review Instrument* (LORI) [72] en la evaluación de objetos de aprendizajes respecto a la Facilidad de uso, este criterio permite analizar las facilidades de interacción y navegación que ofrece la presentación del material. Para evaluar este aspecto se le pedirá al desarrollador que valore para cada uno de los componentes del material, determinados por el contenido de *Componentes* del elemento *P_tipoMaterial*, si los elementos de interacción presentados contienen la información que permita una interacción adecuada facilitando el desarrollo de las tareas indicadas, además de evaluar si se han empleado elementos que faciliten la navegación por entre los diferentes componentes y pistas que le permitan regresar a los contenidos incluidos en cada uno. Es decir, valorar si en la presentación del material se establecen correspondencias simples y consistentes entre las acciones que se puedan realizar y sus resultados, que en los casos en que no se haya seguido una convención implícita para la navegación se faciliten instrucciones claras y elementos de ayuda en la presentación que faciliten la navegación por los diferentes componentes del material. En ese sentido, la consistencia en el diseño y presentación del material influirá positivamente en la valoración de su facilidad de uso.

Este criterio se representará como una instancia de Criterio denominada *U_facilUso*, que analizará los aspectos previamente mencionados a través de las instancias del elemento Aspecto: *s_interaccion* y *s_navegacion*. Para la valoración de *s_interaccion* se considerarán como valores posibles los pertenecientes al siguiente conjunto de términos lingüísticos: {muy, bastante, adecuado, poco, muy poco} adecuado, siendo “muy adecuado” valor máximo. Mientras que para *s_navegacion*, los posibles valores serán {muy, bastante, fácil, poco, muy poco} fácil, siendo “muy fácil” el valor máximo. Estos aspectos se representan formalmente usando lógicas de descripción *ALC* en la Tabla A.2.85.

Recomendaciones para el re-diseño: Si la valoración acerca de la facilidad de uso del material, resulta en valores de “poco” o “muy poco” adecuado para la interacción o “poco” o “muy poco” fácil para la navegación, se deberá pedir al desarrollador que elija del listado de componentes del material, cuales son los componentes exhiben tales carencias para que se regrese a la etapa de composición y se modifiquen los elementos de su presentación de manera que existan correspondencias más simples o más consistentes entre las acciones que se pueden realizar y los resultados que se obtendrán para que se mejore la interacción. En el caso de la navegación, al seleccionar los componentes con problemas, se deberá también regresar a la etapa de composición esta vez para modificar los elementos de su presentación de forma que se incluyan elementos de ayuda o descripciones que mejoren la navegación. Estas

recomendaciones se representan formalmente usando lógicas de descripción *ALC* en la Tabla A.2.86. Tomando en consideración dichas representaciones, el Criterio *U_facilUso* se representa formalmente usando lógicas de descripción *ALC* en la Tabla A.2.87.

4.2.4.2.7 Relevancia del material respecto a la usabilidad *U_relevancia*

La relevancia del material en relación con la usabilidad, se ha representado como *U_relevancia*, una instancia del elemento *Relevancia* cuando *TipoObjetivo* toma el valor de “usabilidad”. Esta instancia facilitará la información necesaria para la verificación del cumplimiento de unos mínimos de usabilidad, de manera que se pueda asegurar que el material puede servir de soporte a un determinado proceso educativo y en el caso de que no se cumplan estos mínimos proporcionará recomendaciones para el rediseño del material. De acuerdo con la definición de *Relevancia*, su *Valor* se calcula de forma automática al comparar respecto al elemento *Umbral* los valores de los aspectos incluidos en cada uno de los *Criterios* relacionados con el *TipoObjetivo* y siguiendo el conjunto de reglas de agregación, *Reglas*. En este caso, el valor para la relevancia del material respecto a la usabilidad se almacena en una instancia de Valor denominada *Nivel_usabilidad* cuyos posibles valores pertenecen al conjunto de términos lingüísticos {muy poco, poco, medio, bastante, muy} relevante. Dicho valor se determinará automáticamente a partir del resultado de la comparación de los valores de cada uno de los aspectos de las instancias de *Criterio* *U_autoEvidencia*, *U_cantidadError*, *U_tiempoFam*, *U_facilUso*, *U_consistencia* con el umbral de usabilidad, *U_umbral*, de forma que se pueda obtener una estimación de la usabilidad observada en material que se ha desarrollado.

El valor que tomará la instancia de Valor *nivel_usabilidad* depende de la aplicación del conjunto reglas de agregación, *Reglas (U_Relevancia)*.

Al aplicar la regla (*Relevancia_r1*) considerando la usabilidad como objetivo de evaluación, la condición necesaria que debe cumplirse para que un material tenga cierta relevancia es que la cantidad y severidad de errores, se hayan observado durante la interacción, estén en sus valores mínimos puesto que no tendrá sentido calificar de usable a un material si su presentación incluye elementos cuya interacción provocan un número importante de errores y la severidad de éstos impida el logro de los objetivos educativos. Es decir que si al menos uno de los aspectos del Criterio *U_cantidadError* no pertenece al intervalo de valores definido por el umbral de calidad, *U_umbral*, el material obtenido será muy poco relevante, será necesario iniciar nuevamente el desarrollo del material, tomando como guías las recomendaciones para el re-diseño del aspecto correspondiente. De forma que la regla *Relevancia_r1* se instanciaría como:

$Relevancia_{r1}(U_Relevancia) \doteq \exists \geq 1 \text{ depende. Criteriodisc } (U_cantidadError) \sqcap$

$[Aspecto(cantidad_errores). (difiere \text{ Umbral}(\text{Umbral_U})) \sqcup [Aspecto(severidad). (difiere$

$\text{Umbral}(\text{Umbral_U})], [\text{Valor } (\text{Nivel_usabilidad})=\text{muy poco relevante}]$

Al aplicar la segunda regla de agregación *Relevancia_r2*, si la mayoría de los valores observados para los aspectos del resto de los criterios a considerar: *U_autoEvidencia*, *U_tiempoFam*, *U_facilUso*, *U_consistencia* no pertenecen al umbral de usabilidad, el material será poco relevante y será preciso reiniciar el desarrollo del material, considerando las recomendaciones para el re-diseño de los aspectos con valores no aceptables. De forma que la regla se instancia como:

$\text{Criterios(usabilidad)} \doteq U_autoEvidencia \sqcap U_tiempoFam \sqcap U_consistencia \sqcap U_facilUso$

$Relevancia_{r2}(U_Relevancia) \doteq [\forall \text{ depende. Criterios(usabilidad)} \sqcap (\text{tiene Aspecto } difiere$

$\text{Umbral}(\text{Umbral_U}))], [\text{Valor } (\text{Nivel_usabilidad})=\text{poco relevante}]$

Las reglas antes explicadas permiten determinar cuándo la instancia de Valor *nivel_usabilidad* toma valores de “muy poco” o “poco relevante”. Para determinar el resto de sus posibles valores, habrá que analizar el valor que muestran la mayoría de los aspectos considerados para los criterios de usabilidad, tomando en consideración las reglas de agregación *Relevancia_r3*, *Relevancia_r4* y *Relevancia_r5* aplicadas en ese orden. De acuerdo con ellas, un material será más relevante si los valores de los aspectos de los criterios *Auto-evidencia*, *Tiempo de familiarización*, *Consistencia* y *Facilidad* de uso son más cercanos a sus valores máximos deseados y será menos relevante en la medida en que todos o la mayoría de dichos aspectos se acerquen a los valores mínimos.

Una vez recuperados los valores de Aspectos de todas las instancias de Criterio (*U_autoEvidencia*, *U_tiempoFam*, *U_facilUso*, *U_consistencia*) se deberán comparar con el valor del extremo superior del umbral de usabilidad aplicado a cada criterio y contabilizar cuántos cumplen la condición “La mayoría de los aspectos valorados tiene el valor máximo de la escala de valoración, entonces el material es muy relevante” esta regla se puede instanciar como *Relevancia_r3(Relevancia_U)*.

$Relevancia_{r3}(Relevancia_U) \doteq \forall \text{ depende. Criterios(Usabilidad)} \sqcap [\text{tiene Aspecto } (\text{igual. ExtremoSup}(\text{Umbral_U}))], [\text{Valor } (\text{Nivel_usabilidad})=\text{muy relevante}]$

A continuación se recuperarán los aspectos de todos los criterios que no cumplían con la condición de la regla *Relevancia_r3* y se comparan con el extremo inferior del umbral, se contabilizará el número de aspectos y se aplica la regla *Relevancia_r4* para determinar si se puede afirmar que el material es medianamente relevante.

$Relevancia_{r4}(Relevancia_U) \doteq \forall \text{ depende. Criterios(Usabilidad)} \sqcap [\text{tiene. Aspecto } (difiere. (\text{ExtremoInf } (\text{Umbral_U}))], [\text{Valor } (\text{Nivel_usabilidad})=\text{bastante relevante}]$

Si no se cumple la condición anterior será necesario verificar cuáles de estos aspectos tienen valores iguales al extremo inferior, si la mayoría es igual al extremo inferior entonces se puede decir que el material es medianamente relevante, de acuerdo con la regla *Relevancia_r5*. Pero si no se cumplen ninguno de los casos anteriores se deberá aplicar la regla *Relevancia_r2* por lo que el material sería poco relevante y hace falta rediseñarlo.

En todos los casos analizados, para todos aquellos aspectos que no pertenezcan al umbral será preciso rediseñar el material, siguiendo sus correspondientes recomendaciones para el re-diseño, representadas a través de la instancia *Recomendaciones(U_relevancia)* que contendrá una lista de todas estas recomendaciones.

De acuerdo con lo antes explicado la relevancia del material respecto a la usabilidad, *U_relevancia*, se representa formalmente usando lógicas de descripción ALC en la Tabla A.2.88.

4.2.4.2.8 Usabilidad observada *U_usabilidadObserv*

La usabilidad observada se ha representado como una instancia del elemento *DescriptoresCU* denominada *U_usabilidadObserv*, su objetivo es facilitar al desarrollador información sobre la usabilidad del material al considerar la valoración del desarrollador sobre cada uno de los aspectos de los criterios de usabilidad empleados en la evaluación formativa. De acuerdo con la definición del elemento *DescriptorCU* incluirá un atributo *Grado* de tipo String que para el caso *U_usabilidadObserv* permite almacenar el valor o nivel de usabilidad observada según el *Valor* obtenido para la instancia de *Relevancia*, *U_relevancia*. La instancia de *Grado* se ha denominado *Usabilidad_grado* y podrá tomar valores que pertenecen al conjunto de términos lingüísticos {muy poco, poco, medianamente, bastante, muy} usable y que tienen correspondencia directa 1 a 1 con los valores de *U_relevancia*. De manera que el elemento *U_usabilidadObserv* se representa formalmente usando lógicas de descripción ALC como en la Tabla A.2.89.

4.2.4.3 Resumen de la Vista C-U

A manera de resumen, la vista Calidad-Usabilidad (C-U), permite la realización de la evaluación formativa de un material didáctico, facilitando la siguiente información:

- Los elementos descriptores *DescriptorCU* se definen para cada uno de los objetivos de la evaluación: utilidad pedagógica y usabilidad de la interfaz. Además, tomando en consideración la *Relevancia* del material en relación a cada objetivo, ofrecen información acerca de la calidad del material

- La relevancia del material respecto a un determinado objetivo de evaluación permite verificar si el material exhibe ciertas cualidades y facilitará en caso necesario, los datos necesarios para proceder al rediseño del material, *Recomendaciones*. La relevancia se puede calcular de forma automática siguiendo un conjunto de reglas de agregación, *Reglas* y a partir de la comparación respecto al elemento *Umbral* de los valores de los aspectos incluidos en cada uno de los criterios relacionados con el objetivo de evaluación.
- El *Umbral* define el intervalo aceptable para los valores de que puedan tomar las observaciones de los aspectos relacionados con los criterios a considerar en cada objetivo de evaluación.
- Un conjunto de *Criterios* que permitirán valorar ciertos aspectos o características del material.
- Para cada *Aspecto* se incluye un atributo, Valor Observado, que permita almacenar la información sobre la valoración del usuario sobre ciertas características. Este Valor Observado es comparado con el *Umbral* de forma que se pueda ofrecer ciertas recomendaciones, *Recomendacion*, para el rediseño del material en los casos en que se observe las características del material no cumplan con ciertas condiciones mínimas.
- Las recomendaciones para el re-diseño, incluyen un conjunto de *Recomendacion*, que presentan la información sobre cuál característica o requisito para el desarrollo del material, especificado a través de los elementos de las Vistas DC, P y S del meta-modelo y relacionado con el aspecto valorado, *Feature_id* y qué acciones, *Accion*, deberán realizarse sobre ciertos elementos del material, *Elemento*, en alguna de las otras dos etapas del desarrollo, *Etapas*: composición o composición, para lograr que el Valor observado tenga un valor aceptable y por tanto, el material pueda ser considerado con niveles de con utilidad pedagógica y usabilidad aceptables para el proceso educativo que intenta ofrecer soporte.

4.3 Resumen del Capítulo

En este capítulo se ha definido el meta-modelo MD2 que permite describir de manera general los componentes del material: contenidos y estrategia pedagógica; los requisitos sobre sus características deseables a través de descriptores o elementos del modelo agrupado en cuatro vistas: Dominio de Conocimiento (DC), Pedagógica (P), Soporte (S) y Calidad-Usabilidad (C-U). Estos elementos proporcionan información de carácter organizativo, pedagógico y tecnológico para que sea posible obtener un diseño armónico de un determinado proceso educativo soportado por las tecnologías de la Información y Comunicaciones de acuerdo con la definición de Koper [66]

Gracias a los elementos descriptores del modelo y las relaciones existentes entre ellos es posible definir correspondencias entre las descripciones de alto nivel técnico provenientes de los estándares *e-Learning* con descripciones de los requisitos del material más simples y cercanos al lenguaje de sus creadores, de manera que se facilite y guíe a los diferentes tipos de desarrolladores durante las diversas etapas del desarrollo de los materiales. De acuerdo con ello, las relaciones y correspondencias entre elementos de las vistas DC, P y S facilitan la información necesaria para guiar el desarrollo en sus fases de selección y composición. Por otra parte, un conjunto de los elementos de la vista C-U se utilizarán durante la etapa de evaluación para controlar y valorar la usabilidad de la interfaz del material, su valor pedagógico y por tanto, ofrecer información al desarrollador sobre la calidad del material creado. Además, con las correspondencias definidas en la vista S del meta-modelo se dispondrá de información para poder asegurar la generación de anotaciones semánticas, que contribuyan al potencial de reutilización del material desarrollado.

Capítulo 5 Solución: Definición del método MD2 como guía para el desarrollo

5.1 Introducción

Este es el segundo capítulo de la serie de tres capítulos dedicados a explicar en profundidad la solución que nuestra hipótesis de trabajo propone a la problemática del soporte al desarrollo de materiales. En él se presenta detalladamente el método MD2 como guía para el desarrollo. Como se explicó en el Capítulo del Planteamiento del problema, durante el desarrollo de los materiales surge un grupo de interrogantes que las herramientas de autoría con que contamos actualmente son incapaces de resolver. Estas cuestiones básicamente son: dónde localizar los contenidos más apropiados para el material que se está desarrollando, cómo recuperar dichos contenidos, cuáles son los criterios más indicados para seleccionar los contenidos, cómo integrar estos contenidos en el material, cuándo y cómo controlar la coherencia, completitud y exactitud de los contenidos seleccionados o cómo asegurar el carácter reutilizable del material tomando en cuenta la naturaleza reutilizable de sus componentes, considerando la importancia de disponer de anotaciones semánticas sobre las propiedades del material y acerca de las razones y justificaciones de su desarrollo (*development rationales*), de manera que sea posible la localización y recuperación y por consiguiente, la posible reutilización del material en situaciones instructivas similares.

Por otra parte debe considerarse el carácter multidisciplinar del proceso de creación de los materiales, puesto que en el desarrollo participan profesionales con diferentes perfiles, diversos niveles de experiencias y puntos de vista sobre cómo deben ser y cómo deben crearse los materiales didácticos. Estos participantes pueden ser proveedores de contenidos o expertos en la temática sobre la que versan los materiales, tutores, profesores, diseñadores gráficos, diseñadores instructivos, especialistas en Pedagogía y algunas ocasiones, los propios estudiantes. Como consecuencia de la diversidad de perfiles, experiencias y que en ocasiones la labor de desarrollo de los materiales no siempre es llevada a cabo por participantes de todos estos perfiles, una posible solución es que las herramientas de autoría sean diseñadas de tal forma que faciliten la labor de desarrollo y eliminen la carga cognitiva relacionada con todos los aspectos que deben considerarse en el proceso: listado exhaustivo de todas características deseables, familiarización con cada una de las especificaciones que deben emplearse, así como la gestión de las soluciones a cada una de las interrogantes antes expuestas.

El método MD2 ha sido diseñado tomando en consideración la información que proporcionan los elementos del meta-modelo MD2 y tiene como objetivo principal guiar a los desarrolladores durante las diferentes etapas del desarrollo: selección, composición y evaluación, mostradas en la Figura 5.1.

El método MD2 está compuesto por 5 pasos que utilizan las respuestas de los desarrolladores a un conjunto de preguntas sobre los requerimientos del material para intentar ofrecer soluciones a las diferentes etapas del desarrollo. Para lograr este objetivo se ha elegido un conjunto mínimo de elementos de las diferentes vistas del meta-modelo MD2, que permiten describir de forma general los requisitos del material y establecer las correspondencias necesarias para obtener una estructura del material acorde con las especificaciones y estándares *e-Learning*. Las guías y mecanismos, que hacen posible la ejecución de los diferentes pasos del método, se encargaran de verificar que las respuestas de los desarrolladores a las preguntas planteadas se correspondan con el formato y los valores válidos definidos por cada uno de los elementos elegidos del meta-modelo MD2.

En la Figura 5.1 se muestran los 5 pasos del método y los elementos más importantes que permiten ofrecer soluciones para las tres etapas del desarrollo (selección, composición y evaluación).

El primer paso, Entrada de Requisitos (ER), inicia la entrada o recogida de datos descriptivos sobre los requisitos del material a partir de un conjunto de preguntas al desarrollador, que aparecen numeradas del 1 al 11 en la Figura y que se corresponden con los elementos elegidos de las diferentes vistas del modelo MD2. De acuerdo con la información obtenida y verificada en este paso, se podrá guiar la etapa de selección. Así, el paso 2, Selección de Recursos, podrá establecer filtros o consultas a los repositorios (asociados al entorno de desarrollo o externos) en función de los valores de los elementos que describen los requisitos. Estos filtros permitirán seleccionar los contenidos más relevantes para el desarrollo del material. En aquellas situaciones en que no es posible recuperar los contenidos, este paso del método facilita mecanismos de edición para crear dichos contenidos desde cero o realizar versiones de contenidos existentes para que se ajusten mejor a los requisitos de la situación instructiva a la que intenta ofrecer soporte el material. En este paso del método se seleccionará también las estrategias pedagógicas más convenientes para el proceso educativo que se pretende soportar, facilitando una breve explicación sobre cada una de ellas y será el desarrollador quien decida qué estrategia se empleará tomando en consideración la información proporcionada.

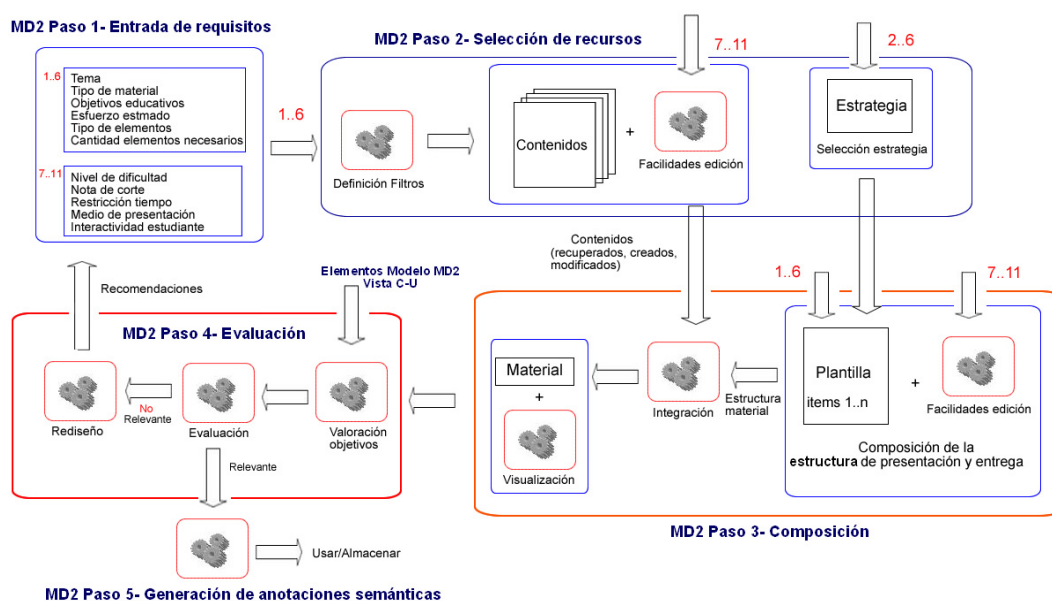


Figura. 5.1. El desarrollo de materiales guiado por el método MD2

El paso 3, Composición, se dedica a ofrecer soporte a la etapa del desarrollo de igual nombre, facilitando mecanismos que permiten completar la información de la plantilla que define la estructura de presentación y entrega del material y que es elegida de acuerdo con los requisitos de entrada y las correspondencias definidas en el meta-modelo para elementos de las vistas DC, P y S. Además, este paso proporciona al desarrollador mecanismos de edición de dicha estructura para realizar los ajustes que considere oportunos. Otro de los objetivos de este paso es facilitar mecanismos para integrar o ensamblar en la estructura de presentación y entrega aquellos contenidos seleccionados, ya sean creados o recuperados de los repositorios. Los elementos de la vista DC del meta-modelo proporcionan información sobre el orden en que los contenidos se integran con la estrategia pedagógica en la estructura de presentación. Para ello se consulta el orden de las temáticas y los conceptos a tratar determinados por los valores del elemento *DC_disciplina* y las reglas de ordenación que propuestas por el elemento *DC_listadoCompetencias*. Por último, este paso ofrece los medios para que una vez que se obtiene el material y éste pueda ser inspeccionado por el desarrollador a través de su visualización e interacción para dar por terminada la etapa de composición.

Al concluir la composición, el paso 4 del método, Evaluación, facilita los mecanismos para que sea posible comprobar si el material cumple con los requisitos especificados y si puede servir como soporte efectivo para el proceso educativo. Inicialmente estos mecanismos solicitan al desarrollador analizar el material para establecer sus valoraciones sobre los diferentes aspectos de cada uno de los criterios que deben considerarse para cada objetivo de evaluación: utilidad pedagógica y usabilidad de la interfaz del material. Para lo cual se utiliza la información

proporcionada por los elementos de la vista C-U del meta-modelo MD2. Una vez obtenidas estas valoraciones, los mecanismos de este paso del método se encargan del cálculo la relevancia del material en relación a estos objetivos, considerando las reglas de agregación definidas en el meta-modelo para cada instancia del elemento *Relevancia*. De acuerdo con el valor obtenido para la relevancia respecto a la utilidad y a la usabilidad, estos mecanismos facilitan al desarrollador información para poder certificar que el material cumple con unos requisitos mínimos de calidad (tanto de utilidad pedagógica como de usabilidad de su interfaz) y que puede servir como soporte efectivo al proceso de enseñanza aprendizaje. En los casos en que los mecanismos del paso Evaluación, obtengan que el material no es relevante respecto a la utilidad o usabilidad, se proveerá al desarrollador con un conjunto de recomendaciones y mecanismos para re-diseñar o modificar el material de forma que se puedan alcanzar tales mínimos de calidad. Para aquellos casos en los que el material sí es relevante, el último paso del método: Generación de anotaciones semánticas, que es transparente para el usuario, se encarga de crear las correspondientes anotaciones sobre las propiedades del material y acerca de las razones de su desarrollo (*development rationales*). Asegurando así la futura localización y recuperación para una posible reutilización del material en situaciones instructivas similares.

En las siguientes secciones de este capítulo se explica en detalle la cuál es la información proporcionada por los elementos de las diferentes vistas del meta-modelo MD2 y que es utilizada por el método, cada uno de los pasos que componen el método, así como la definición de las guías y mecanismos que le permiten ofrecer soporte a cada una de las etapas del desarrollo. Por último, se presenta un ejemplo que ilustra como el desarrollo es guiado por el método MD2.

5.2 El método MD2

5.2.1 Utilización de la información proporcionada por el meta-modelo MD2

El propósito final del método MD2 es servir de guía y facilitar la ejecución de cada una de las etapas del desarrollo de un material didáctico, por lo que es de vital importancia la información que proporcionan los elementos de las vistas del meta-modelo MD2: Dominio de Conocimiento (DC), Pedagógica (P), de Soporte (S) y sus relaciones para facilitar la definición de guías y mecanismos que ayuden al resolver los problemas relativos a las etapas de selección y composición del material didáctico, uno de los objetivos principales del método de desarrollo MD2. Por otra parte, la vista de Calidad-Usabilidad (C-U) proporciona los criterios, aspectos y métricas necesarios para

poder guiar y llevar a término la evaluación de carácter formativo como última etapa del desarrollo de los materiales.

Para satisfacer dichos objetivos se ha elegido un grupo mínimo de elementos del meta-modelo que permiten describir de forma simple y general los requisitos de desarrollo, tomando en consideración las relaciones entre los elementos en el meta-modelo, el resto de los elementos son utilizados por el método para solucionar las diferentes etapas del desarrollo. Las relaciones entre cada vista nos han permitido definir el orden en que el método solicita información sobre los elementos más representativos de cada vista. Para esta ordenación considera en primer lugar la vista del Dominio de Conocimiento (DC) que describe las características pedagógicas del dominio sobre el que se sustenta el proceso educativo, que dará sentido a este proceso y cuyos objetivos educativos deberán ser alcanzados. La información que proporciona esta vista es clave para resolver los problemas de la etapa de selección, especialmente en relación con la elección de los contenidos que se ajustan a requisitos relacionados con un determinado dominio de conocimiento.

En segundo lugar, se han considerado los elementos de la vista Pedagógica (P), que permiten definir de cuáles son los requisitos de carácter pedagógico del material para una situación instructiva específica: tipo de material, la estrategia pedagógica que define el proceso educativo, las competencias a alcanzar, el esfuerzo previsto para lograrlas, el tipo de actividades que deben desarrollarse de acuerdo con la estrategia y su nivel de dificultad. La información que proporcionan estos elementos es clave para poder solucionar los problemas de las etapas de selección y composición, puesto que permite determinar con mayor exactitud cuáles de los contenidos previamente elegidos serán los más adecuados para la situación instructiva. Una vez que se cuenta con estos contenidos, ya sean seleccionados o creados, se conocen los dos componentes básicos del material: contenidos y estrategia pedagógica y se puede proceder a la composición del material.

En tercer puesto se han considerado elementos de la vista de Soporte (S) que ayudan a determinar los requisitos de soporte técnico más apropiados para representar el tipo de material y facilitar su ejecución teniendo en consideración los demás requisitos pedagógicos expresados a través de los elementos de la vista P. La información proporcionada por los elementos de la vista S permite realizar la composición del material puesto que se puede disponer plantillas que incluyen la descripción sobre la estructura de presentación y entrega del material más adecuada para el proceso educativo que se quiere soportar de acuerdo con cierto estándar o especificación *e-Learning*. La solución del método al problema de la integración de los componentes del material se basa en considerar que la estructura de presentación y entrega del material se corresponde con la estructura de un sistema hipermedia, donde los contenidos son nodos que pueden enlazarse a una estructura en función de las relaciones entre la estrategia pedagógica y dichos contenidos.

En último lugar, se utilizan elementos de la vista C-U. Éstos facilitan información sobre los criterios, aspectos y métricas necesarios para comprobar que el material desarrollado es idóneo para los objetivos del desarrollador, es decir que posee los valores de utilidad pedagógica y usabilidad de interfaz apropiados para ofrecer un soporte efectivo al proceso educativo, además proporcionan ciertas recomendaciones para el re-diseño del material en caso de que los valores de utilidad y usabilidad no sean aceptables.

A continuación se presenta cada uno de los elementos elegidos de las diversas vistas del meta-modelo.

5.2.1.1 Elementos elegidos en cada una de las vistas del meta-modelo MD2

Dadas las relaciones que existen entre los elementos de las diferentes vistas, se ha elegido un subconjunto de elementos de cada vista como descriptores claves de los requisitos del material y que ofrecen información necesaria para solucionar las interrogantes de cada una de las etapas del proceso de desarrollo. Así, los pasos del método utilizan la información de las vistas del meta-modelo en el orden expuesto en la sección anterior, a través de los elementos mostrados en la siguiente tabla:

Pregunta	Significado en la entrada de datos/requisitos	Elemento seleccionado
1 (ER)	Tema sobre el que tratará el material	<i>DC_Tema</i>
2 (ER)	Listado de los objetivos educativos que se quieren obtener tomando en cuenta el listado de habilidades cognitivas que facilita el elemento <i>DC_listadoCompetencias</i>	<i>DC_listadoCompetencias</i> <i>P_habilidades</i>
3 (ER)	Conceptos sobre los que deberá trabajar el material elegibles a partir del listado proporcionado por el elemento Conceptos	<i>P_habilidades</i> Conjunto de Conceptos
4 (ER)	Tipo de material que se necesita desarrollar	<i>P_tipoMaterial</i>
5 (ER)	Esfuerzo que se estima necesario para alcanzar los objetivos educativos tomando en cuenta la definición del tiempo estimado para la temática elegida y que permitirá asignar valor al elemento al atributo duracionEsf del elemento <i>P_esfuerzoEstimado</i> .	<i>DC_tiempoEstimado</i> <i>P_esfuerzoEstimado</i>
6 (ER)	Tipo de elementos necesarios para componer el material, elegido a partir del listado de componentes del material que facilita el mencionado atributo en la	<i>P_tipoMaterial</i> Atributo Componentes.

	columna Elemento Seleccionado	
7 (ER)	Nivel de dificultad para alcanzar los objetivos, elegible a partir de los posibles valores del mencionado atributo en la columna Elemento Seleccionado	<i>P_dificultad</i> atributo NivelDif del
8 (ER)	Umbral de nota como definición del límite que debe superar la nota de una evaluación del conjunto de conceptos y temas para considerar que los objetivos educativos han sido satisfechos en su mínimo nivel.	<i>S_elementosEstandar</i> correspondencias con descriptores de presentación y entrega del material definidas por el elemento
9 (ER)	Restricciones necesarias para el tiempo de presentación del material que tiene en cuenta el esfuerzo necesario para obtener los objetivos educativos y que además permite la selección de correspondencias de tiempo de presentación definidas en el mencionado elemento en la columna Elemento Seleccionado.	<i>S_elementosEstandar</i> correspondencias de tiempo de presentación con los descriptores de presentación y entrega definidas por el elemento
10 (ER)	Medio de presentación o entrega como soporte tecnológico al proceso educativo, tomando en cuenta el listado de posibles valores del mencionado atributo en la columna Elemento Seleccionado.	<i>S_Medio</i> atributo IDMedio
	Idioma en que se presenta el material, considerando el listado de valores posibles del mencionado atributo en la columna Elemento Seleccionado	elemento <i>Idioma</i> asociado al elemento <i>S_Medio</i> atributo IDIdioma del
11 (ER)	Nivel y tipo de interacción que se precisa para que el estudiante pueda alcanzar los objetivos educativos, seleccionado a partir del listado de posibles valores de los mencionados atributos en la columna Elemento Seleccionado	<i>S_interacción</i> atributos Nivel_inter y Inter_estudiante del
Paso Evaluación	Evaluaciones del desarrollador sobre los aspectos que permiten medir los dos objetivos de la evaluación formativa: utilidad pedagógica y usabilidad de la interfaz del material. Para ambos objetivos se tendrá en consideración las definiciones de las instancias mencionadas en la columna Elemento Seleccionado	Instancias del elemento <i>Aspecto: C_riqueza;</i> <i>C_completitud;</i> <i>C_coherencia;</i> <i>C_exactitudC,</i> <i>C_estructuraH</i> <i>U_autoEvidencia;</i> <i>U_cantidadError,</i> <i>U_tiempoFam;</i> <i>U_facilUso</i>

Tabla 5.1. Elementos del meta-modelo elegidos para facilitar información al método.

De la vista del dominio de conocimiento DC se ha elegido el elemento Detalles del tema (*DC_tema*) puesto que el resto de los elementos de esta vista tienen una relación de dependencia directa de él como puede observarse en la Figura 4.4 que describe los elementos de la vista DC. Así, una vez que se compruebe que el tema introducido es un

tema reconocido por la Ontología del dominio de conocimiento, es posible recuperar la información pedagógica de carácter general sobre dicho tema. De manera que los diferentes elementos de la vista DC tomarán valores y de acuerdo con las restricciones y relaciones de los elementos de esta vista con el resto de las vistas del modelo se facilitarán al desarrollador descripciones del material sobre los requisitos generales de un determinado dominio de conocimiento y de carácter pedagógico que permiten localizar, recuperar, realizar versiones o crear aquellos contenidos o materiales que se ajusten a tales requisitos. Facilitando de esta forma información para poder resolver algunos de los problemas relacionados con la etapa de selección.

De la vista Pedagógica, se han elegido la mayoría de sus elementos puesto que ellos permiten definir los requisitos más específicos de carácter pedagógico para el desarrollo de un material. Éstos serán empleados para llevar a cabo la selección de los contenidos, la estrategia pedagógica más adecuada u otros materiales que sirvan de punto de partida para la etapa de composición del material. El elemento *P_estrategia* no se ha considerado como un parámetro o elemento de entrada en el método porque en caso de ser necesaria, la estrategia que se propone al desarrollador se obtiene a partir de las relaciones de dependencia de *P_estrategia* con el elemento *P_tipoMaterial* y los datos del dominio de conocimiento a tratar que proporcionan los elementos de la vista DC, tomando en consideración la definición de los tipos de estrategia dentro del elemento *P_estrategia*. De acuerdo con estas relaciones una vez que se haya identificado el dominio de conocimiento y que el tipo de material sea unidad de aprendizaje, el método puede proporcionar un listado de las estrategias más recomendadas para el dominio. Por otra parte, la información que proporciona el elemento *P_estrategia* para la estrategia elegida servirá para la selección de la posible plantilla para la presentación y entrega que se utilizará en la composición del material tomando en cuenta también las relaciones de los diferentes elementos de la vista P con los elementos de la vista de Soporte.

Se han elegido de la vista de Soporte aquellos elementos que permiten seleccionar el idioma y medio para la presentación del material, y que al considerar las relaciones entre los diferentes elementos de esta vista S sea posible determinar cuál estándar o especificación *e-Learning* para la presentación y entrega de dicho material se ajusta mejor a los requisitos de carácter pedagógico y del dominio de conocimiento. Gracias a ellos, se tendrá la información necesaria para la estructura del material de presentación que permita llevar a término la composición del material integrando los contenidos seleccionados o creados en la etapa de selección y la estrategia pedagógica, en caso de ser necesaria, con dicha estructura. Además de esta forma es posible asegurar algunas de las características deseables del material como el cumplimiento con un estándar o especificación *e-Learning* y se puede potenciar su carácter reutilizable.

Por último, los elementos elegidos de la vista C-U permiten disponer de criterios, aspectos, medidas y métricas que faciliten el desarrollo de la evaluación de carácter formativo del material obtenido centrado en la valoración de los objetivos: utilidad pedagógica y usabilidad de la interfaz del material. La información proporcionada por estos elementos de esta vista y las relaciones entre ellos permiten definir los mecanismos necesarios para obtener los valores de *Relevancia* del material y por lo tanto saber si el material puede servir de soporte efectivo al proceso educativo. Además, gracias a las definiciones de cada una de las instancias de *Aspecto* es posible proporcionar recomendaciones para el re-diseño del material, en aquellos casos en que dicho material no exhiba valores aceptables de utilidad y usabilidad, otras dos características deseables para el material.

Una vez que hemos presentado los elementos del modelo MD2 empleados por el método de desarrollo, en la siguiente sección se detallan cada uno de los pasos que forman este método y cómo hacen uso de la información proporcionada por éstos elementos para facilitar soluciones a las diferentes etapas del desarrollo.

5.2.2 Pasos que componen el método MD2

El método MD2 se ha diseñado como un conjunto de pasos cuyo objetivo es proporcionar los medios que permitan ofrecer un soporte basado en reglas, guías y mecanismos para asistir y guiar a los participantes en cada una de las etapas del desarrollo, de acuerdo con la hipótesis de trabajo de esta tesis (H1.2) . Para el diseño del método se ha tomando en cuenta las diversas experiencias en el desarrollo de materiales recogidas en el Capítulo Estado de la cuestión y la experiencia personal de la autora en el desarrollo de materiales durante 3 cursos impartiendo la asignatura cuatrimestral “Enseñanza Asistida por Ordenador” del 5to curso de la Titulación Ingeniería Informática en la Universidad Carlos III de Madrid. Los pasos que componen el método MD2 son:

1. Entrada de requisitos (ER): el objetivo de este paso es recopilar información sobre los requisitos y características del material de acuerdo con los elementos elegidos del modelo MD2, validar dicha información y facilitar los datos necesarios para que el resto de los pasos del método puedan ofrecer soporte a las diferentes interrogantes de las etapas del desarrollo y asegurar la generación automática de las correspondientes anotaciones semánticas.
2. Selección de recursos: el objetivo de este paso es facilitar los medios (creación de filtros, generación de consultas a repositorios y mecanismos de edición) para poder elegir cuales son los recursos de contenido y la estrategia pedagógica más adecuados para la situación instructiva descrita por la información recuperada por el paso anterior.

3. **Composición:** el objetivo a alcanzar por este paso del método es disponer de guías para seleccionar cuál es la estructura de presentación y entrega más apropiada a los requisitos del desarrollador y por consiguiente su plantilla de presentación; mecanismos que permitan completar y editar la información de cada uno de los elementos que forman la plantilla; mecanismos la agregación e integración de los recursos de contenido y la estrategia pedagógica en dicha estructura, así como de medios que permitan la visualización del resultado obtenido.
4. **Evaluación:** el objetivo de este paso es facilitar los medios para llevar a término la evaluación del material y para ofrecer soporte a la realización de re-diseños en caso de que el material evaluado no exhiba valores aceptables de utilidad pedagógica y usabilidad de la interfaz.
5. **Generación de anotaciones semánticas:** este paso es transparente para el desarrollador y tiene como objetivo generar información semántica sobre las características del material derivada de los requisitos introducidos por el desarrollador y las decisiones tomadas en las diferentes etapas del desarrollo, de manera que asegure el potencial de reutilización del material derivado de la presencia de anotaciones semánticas que faciliten su localización y recuperación para ser usado en otras situaciones instructiva.

En las restantes secciones de este capítulo presentamos en profundidad cada uno de los pasos del método, los mecanismos y guías definidos para ofrecer soporte a cada una de las etapas del desarrollo.

5.2.3 Paso 1. Entrada de requisitos (ER)

Este paso tiene como objetivo recopilar información sobre los requisitos y características del material, de forma que utilizando estos datos y las definiciones de los elementos elegidos del meta-modelo se puedan solucionar las diferentes interrogantes de cada una de las etapas del desarrollo del material didáctico. Para lograr este objetivo se ha diseñado un algoritmo que permite la entrada de requisitos y el almacenamiento de la información recopilada como instancias de los elementos del modelo MD2. El algoritmo consiste en los siguientes pasos:

- I. **Entrada de requisitos del usuario:** Solicitar la respuesta del desarrollador para la pregunta 1 sobre el tema sobre el que tratará el material que se necesita desarrollar. (Ver Tabla 5.1)
- II. **Comprobación de la validez del tema** introducido en el paso anterior
- III. **Entrada de requisitos del usuario.** Solicitar las respuestas del desarrollador para las preguntas del 2 al 11. (Ver Tabla 5.1)

En el paso II se encarga de controlar la validez del tema (proporcionado en el paso I) dentro de la Ontología que describe la información pedagógica del dominio de conocimiento sobre el que versará el proceso educativo. Si el tema es válido, se puede pasar al paso III. En caso contrario, se deberá consultar con el usuario si el dominio de conocimiento es correcto y en caso negativo, se pedirá información al usuario para poder importar una Ontología de tal dominio y se regresará al paso I. Si el dominio y la temática son correctos, se procede a recuperar la información pedagógica del dominio para guardarla en las instancias correspondientes de elementos de la vista DC del modelo.

En relación al paso III, éste tiene el objetivo de recopilar la información sobre las características del material y sus requisitos de desarrollo a partir de las respuestas del desarrollador a las preguntas numeradas del 2 al 11, comprobar que no existan contradicciones entre dicha información y a las definiciones del meta-modelo MD2 para que los elementos elegidos del meta-modelo tomen valor y sea posible realizar las inferencias necesarias para dar soporte a las diferentes etapas del desarrollo.

A continuación explicamos en detalle como funciona cada uno de estos pasos.

Se iniciará el paso I del algoritmo de ER solicitando al desarrollador el nombre del dominio de conocimiento sobre el que versará el proceso de enseñanza-aprendizaje al que se pretende dar soporte. Conocido el dominio de conocimiento se podrá importar la Ontología educativa que proporcionará la información pedagógica de carácter general de dicho dominio de acuerdo con las definiciones de la vista DC del meta-modelo MD2. A continuación se le preguntará al desarrollador el tema objeto de estudio y sobre el que tratarán los contenidos del material. El paso II comprobará que su respuesta es un tema válido o reconocido dentro del Dominio de conocimiento en el que se centrará el proceso de aprendizaje, de forma que se pueda recuperar la información sobre las características de la disciplina que incluyen el tema seleccionado. Así, por ejemplo: Si el desarrollador responde que el tema es Estructura de Datos Árboles AVL, se comprobará que este tema existe en la Ontología educativa sobre el dominio Ciencias de la Computación, que el tema elegido pertenece al conjunto de temas s_{UC} Temas “Estructuras de Datos” de la Unidad de conocimiento UC “Construcciones básicas para la programación” del Área de Conocimiento AC “Fundamentos de Programación”. Terminada esta comprobación, se presentará tal información al desarrollador, para que confirme si esa es la temática de interés. Esta confirmación servirá para almacenar dicha información en los correspondientes elementos de la vista DC.

El paso III del algoritmo se encarga de recopilar información de las preguntas 2 a 11 como se explica a continuación:

Pregunta 2. Selección de los objetivos educativos a alcanzar

En esta pregunta se le solicitará al desarrollador seleccionar cuáles son los objetivos educativos o competencias que se necesitan alcanzar al finalizar el proceso educativo.

Para esta selección, se dispondrá del listado de competencias almacenadas en el elemento *DC_listadoCompetencias* de la temática elegida como resultado de la pregunta 1. La estructura de cada competencia del listado, como se explicó en la definición del elemento *DC_listadoCompetencias*, está formada por Tipo Competencia, Verbo que define la competencia y Conceptos relacionados. Este tipo de estructura representa referencias semánticas que permiten la ejecución de comparaciones para localizar y recuperar los recursos de contenidos adecuados para el material.

Después de seleccionar las competencias, el desarrollador deberá especificar cuáles son los conceptos que deberá tratar el material. Para ello, se mostrará al desarrollador el listado de conceptos incluidos en la instancia de *DC_listadoCompetencias* para seleccionar los conceptos que entienda necesarios. De acuerdo con la selección del desarrollador se dispondrá de la información que describirá los objetivos a alcanzar y se asignarán tales valores a la instancia del elemento *P_habilidades* que permitirá crear filtros o consultas a los repositorios para intentar localizar y recuperar los contenidos que se ajusten a estos requisitos.

Pregunta 3. Definición del tipo de material que se necesita desarrollar

Para esta pregunta desarrollador deberá seleccionar qué tipo de material se necesita desarrollar, a partir de una lista de posibles tipos de material definidos según el meta-modelo MD2 y acorde con los valores aceptados para el atributo *IDTipo* del elemento *P_tipoMaterial* (unidades de aprendizaje, UOL, objetos de aprendizaje, LO o evaluaciones, QTI). Su respuesta se utilizará para asignar valores a la instancia del elemento *P_tipoMaterial* que describirá al material y que se empleará para definir las instancias de los elementos de la vista S encargadas de describir el estándar de presentación y entrega del material como *S_estandar* y *S_elementosEstandar*. En el caso en que se elija la primera opción, unidades de aprendizaje, se le mostrará al desarrollador un listado de las estrategias pedagógicas más recomendadas, para el Dominio de Conocimiento sobre el que se trabaja, acompañado de las descripciones de cada estrategia acorde con la definición del elemento *P_estrategia*, para que el desarrollador elija cuál estrategia se utilizará y se guardará como la instancia de *P_estrategia* que describa al material.

Pregunta 4. Selección del tipo de elementos que compondrán el material

Para esta cuestión el desarrollador deberá seleccionar qué tipo de elementos componen el material a partir de una lista de posibles elementos definidos acorde con los valores aceptados para el atributo *Componentes* del elemento *P_tipoMaterial*, cuyo atributo *TipoID* se definió con la respuesta de la pregunta 2. Si ha elegido “Evaluaciones”, la lista contendrá opciones para “pregunta-respuestas” y “conjunto de preguntas-respuestas”. De la primera categoría se podrá elegir el tipo de pregunta: Verdadero/Falso, Respuesta Única, Rellenar información, Respuesta múltiple, etc. Si ha

elegido “Unidades de aprendizaje”, las opciones serán: Estrategia completa, Estructuras de Actividades, Actividades. En el caso de elegir “Objetos de aprendizaje” las opciones serían “páginas” como recursos de contenidos de baja granularidad, es decir, páginas html o “paquete de contenido”. La respuesta a este paso, permitirá refinar los resultados de las consultas anteriores al repositorio y proporciona los primeros datos para conocer la estructura de presentación del material que será utilizada en la composición.

Pregunta 5. Definición del número de elementos necesarios para el material

En esta pregunta se pide al desarrollador que proporcione la cantidad de elementos, definidos en el paso anterior, que considera necesarios para el material. En función del tipo de elemento seleccionado en la pregunta 4 se establecerán ciertas restricciones. Por ejemplo, un material no debería tener dos estrategias pedagógicas, se considera que la segunda estrategia con iguales contenidos es una variante o reutilización del material creado con la primera estrategia. En el caso de que se elija “conjunto de preguntas-respuestas” o “paquete de contenidos” este valor definirá el número de preguntas o páginas HTML que se deberán seleccionar o crear. En los casos de desarrollo de tipos de material: unidades de aprendizajes, la respuesta de esta pregunta estará relacionada con el número de actividades o estructuras de actividades de la estrategia pedagógica elegida. El número m proporcionado como respuesta a este paso se utiliza para seleccionar los m recursos de contenidos (htmls, imágenes, textos, animaciones, preguntas con sus respuestas) más relevantes de la lista de h recursos recuperados en diferentes consultas al repositorio de materiales. Si el número de recursos recuperados h es menor que m , la diferencia d ($d = m - h$) será utilizada para facilitar al desarrollador herramientas de edición que les permitan crear el resto de los elementos que necesita.

Pregunta 6. Definición del esfuerzo estimado para la ejecución del material que permita alcanzar los objetivos educativos

En esta pregunta se pide al desarrollador una estimación del tiempo total necesario para alcanzar los objetivos educativos, para ello se le solicita seleccionar un valor de tiempo de una lista de posibles valores. El límite superior para los valores de esta lista está definido por el valor asignado a la instancia del elemento *DC_tiempoEstimado* inferido en el paso II del algoritmo ER y el resto de los elementos se corresponden con una distribución de este valor por el número de elementos que componen el material (m definido en la pregunta 5). Si el desarrollador entiende que los valores de la lista no se corresponden las necesidades del proceso que se pretende soportar, podrá introducir el valor que considere adecuado siempre que éste no sea superior al valor de *DC_tiempoEstimado*. El valor seleccionado por el desarrollador será almacenado como la instancia del elemento *P_esfuerzoEstimado*.

Pregunta 7. Selección del nivel de dificultad necesario para la presentación del material

En esta pregunta el desarrollador debe seleccionar qué nivel de dificultad supondrá para los estudiantes la interacción con el material con el fin de alcanzar los objetivos educativos definidos previamente. Así se pedirá al desarrollador elegir una opción de la lista de posibles valores del atributo *NivelDif* del elemento *P_dificultad* [Alto, Medio, Bajo]. Su selección se utilizará para asignar valor a dicho atributo de la instancia de *P_dificultad*. Además, de acuerdo con las relaciones definidas para el elemento *P_dificultad*, la respuesta a esta pregunta será utilizada en la etapa de composición para obtener los valores de las correspondencias incluidas en el elemento *S_elementosEstandar*.

Pregunta 8. Definición de umbral que determina si se han alcanzado los objetivos educativos

En esta pregunta deberá definirse un umbral que permita decidir cuando se considera que se han alcanzado los objetivos educativos previamente definidos. Para ello, en primer lugar, se le solicita al desarrollador que defina si necesita este umbral o no. En caso afirmativo, deberá determinar cuál será el valor umbral de un listado de posibles puntuaciones y/o cobertura de los conceptos descritos en por la instancia del elemento *P_habilidades*. Su respuesta será empleada en la etapa de composición para asignar los valores a la instancia de *S_elementosEstandar* correspondientes con la presentación, control y visualización del material que determinarán las condiciones en las que se consideran que los objetivos educativos han sido alcanzados. Si el tipo de material a desarrollar es “actividades de evaluación”, este valor servirá para definir el valor mínimo a considerar para el procesamiento de cada una de las respuestas de las preguntas relacionadas con los conceptos que determinan que se han alcanzado las habilidades y competencias definidas en el elemento *P_habilidades*. Para el caso de los “objetos de aprendizaje”, permitirá definir que si se ha trabajado con los contenidos relacionados con un subconjunto de los conceptos elegidos se podrá considerar que se han alcanzado en su nivel mínimo los objetivos educativos. Si el tipo de material es “unidades de aprendizaje” el valor elegido permitirá definir cual es la puntuación mínima a alcanzar en las actividades de evaluación y en relación con los conceptos seleccionados, se utilizará para señalar que la finalización de las actividades o estructura de actividades relacionadas con los conceptos elegidos se puede considerar que se han alcanzado los objetivos educativos.

Pregunta 9. Definición de restricciones de tiempo en la presentación del material:

En esta pregunta se definen cuáles serán las restricciones temporales para la ejecución y presentación de los diferentes componentes del material, por lo que se le

pedirá al desarrollador que establezca si son necesarias limitaciones para el tiempo de presentación y ejecución del material y cuál será el valor del tiempo. Primero deberá seleccionar una de las posibles opciones (Si, No). En caso de que su respuesta sea negativa, se considera como valor límite para la presentación aquel valor que se haya asignado en el paso II de ER a la instancia del elemento *DC_tiempoEstimado*. Si la respuesta es afirmativa, entonces deberá elegir de un listado de valores de tiempo para cada componente. Para su selección deberá considerar las posibles restricciones de tiempo para cada uno de los elementos o componentes del material cuyo número definió como respuesta a la pregunta 6 y que el máximo valor para este listado estará limitado el valor de la instancia del elemento *P_esfuerzoEstimado*, que se corresponde con su respuesta a la pregunta 4. El valor seleccionado por el desarrollador será utilizado para definir los valores en la instancia del elemento *S_elementosEstandar* relacionados con el tiempo disponible para realizar actividades, responder preguntas o consultar contenidos antes de permitirle pasar al siguiente de estos elementos.

Pregunta 10. Selección del medio de representación

Esta pregunta tiene como objetivo elegir el idioma y medio que se empleará para la presentación y ejecución del material. Inicialmente se le pedirá al desarrollador seleccione cuál es el idioma en que deberá mostrarse el material que se desea crear. Para ello se mostrará una lista de los posibles idiomas de acuerdo con los valores (es, en, fr, pt, nl) definidos para el atributo *IDIdioma* del elemento Idioma incluido en *S_Medio*. El valor seleccionado se almacenará en la instancia de Idioma y se utilizará para la selección de los contenidos del material y para las facilidades de edición. A continuación se le solicitará al desarrollador seleccionar cuál es el medio de representación, a partir de una lista cuyos elementos se corresponden con los valores aceptados para el atributo *IDMedio* del elemento *S_Medio*. (“impreso”, “hipermedia-Web”, “web-semantica”, “ubicuo” y “otras”). Teniendo en cuenta que la hipermedia y las plataformas web son el medio por excelencia utilizado en *e-Learning*. Cuando el desarrollador elige el valor “hipermedia-Web, se puede determinar, sin su intervención cuál es el estándar o especificación que más se ajusta a los requisitos planteados. Para lo cual se utilizan las relaciones de dependencia entre el elemento *S_estandar* y los elementos *P_tipoMaterial* y *S_Medio* definidas en el meta-modelo y representadas en la Figura 4.21. Ambos elementos toman valores a partir de las respuestas de la pregunta 3 para el *P_tipoMaterial* y de la 10, que se corresponde con una instancia del elemento *S_medio*. Los posibles valores definidos para el atributo *IDStandard* del elemento *S_estandar* son: “LOM-CP”, para el tipo de material Objeto de aprendizaje; “IMS QTI+ LOM-CP”, para el tipo de material Evaluación, “IMS LD+ LOM-CP”, para el tipo de material Unidades de aprendizaje. Como consecuencia, el valor determinado a partir de las inferencias sobre las relaciones anteriores se podrá almacenar en la instancia del elemento *S_estandar*.

Pregunta 11. Definición del nivel y tipo de interacción del estudiante

En esta pregunta se le pide al desarrollador que defina cuál es el nivel de interacción necesario para que el estudiante alcance las competencias u objetivos educativos previamente determinados. Y además, si entiende que la interacción con otros estudiantes es determinante en el logro de tales objetivos. Como respuesta deberá elegir uno de los valores posibles para el nivel [Alto, Medio, Bajo.] y una de las posibles opciones [varios_estudiantes, un estudiante] para la clase de interacción. El primer valor seleccionado se almacenará como el atributo *nivel_inter* de la instancia del elemento *S_interacción*. Mientras que el segundo valor se guardará como el atributo *Inter_estudiante*. Siempre que se haya comprobado que las selecciones del desarrollador no provocan contradicciones con las respuestas a la preguntas 10 y 3, de acuerdo con las restricciones definidas en el meta-modelo para los elementos *S_interacción*, *S_Medio* y *P_tipoMaterial* y que se reflejan en la Tabla 4.23.

Una vez que se disponga de la información de las instancias de los 3 elementos previamente mencionados, se puede determinar también si la proposición del paso anterior sobre el estándar de presentación y entrega es correcta. Para ello debe verificarse la validez de las relaciones definidas en el meta-modelo entre estos elementos y que han sido mostradas en la Figura 4.20.

Cuando concluye el paso Entrada de Requisitos (ER) se dispone de la información necesaria sobre los requisitos del material para que el resto de los pasos del método puedan guiar las diferentes etapas de su desarrollo. A continuación se explica cómo es utilizada dicha información en los diferentes mecanismos y guías definidas para los pasos Selección de Recursos, Composición, Evaluación y Generación de anotaciones semánticas.

5.2.4 Paso 2. Selección de recursos

La selección, la primera de las etapas del desarrollo de los materiales, tiene como meta localizar, recuperar o crear aquellos recursos de contenidos más apropiados para el desarrollo del material de acuerdo con los requisitos especificados sobre el dominio del conocimiento, de carácter pedagógico y técnico. Existen diferentes formas de proceder durante la etapa de selección y la elección del procedimiento más apropiado o de menor coste depende de diversos factores como: disponibilidad de aquellos recursos que cumplen con los requisitos específicos del dominio de conocimiento y de carácter pedagógico del material que se necesita crear; las reglas de acceso a los recursos de contenido que han sido definidas de acuerdo con las políticas de protección de los derechos de autor, políticas de seguridad y de distribución de recursos de los repositorios o instituciones propietarias de dichos recursos.

Estos factores son considerados por el paso Selección de recursos del método para facilitar guías al desarrollador sobre cuál será el procedimiento de selección más apropiado siguiendo un algoritmo de selección de recursos cuyos pasos describimos a continuación:

- I. Generar filtros a través del procesamiento de la información obtenida como respuestas a las preguntas del 1 al 11 del paso ER del método para la creación de consultas a repositorios de materiales, asociados al entorno de desarrollo o independientes de él. En función de los resultados de dichas consultas se propondrán diferentes opciones para la selección de los recursos necesarios.
- II. Facilitar mecanismos de edición de recursos para modificar aquellos que no cumplan con todos los requisitos del usuario y para crear aquellos recursos que no se han podido localizar o recuperar de los repositorios.
- III. Selección de la estrategia pedagógica más apropiada.
- IV. Facilitar la información para generar las anotaciones semánticas sobre las razones del desarrollo (*development rationales*) de esta etapa.

Gracias a las respuestas del desarrollador para las preguntas del 1 al 11 del paso del método Entrada de requisitos (ER), en el paso I del algoritmo de selección se dispone de la información necesaria para crear filtros basados en los correspondientes elementos del modelo MD2. Estos filtros son consultas a los repositorios de materiales para localizar, seleccionar, recuperar y mostrar al desarrollador aquellos recursos de contenidos que más se ajustan a los requisitos planteados. La naturaleza de estas consultas es acumulativa o progresiva, es decir, la información que aporta la respuesta 1 de ER, permite realizar la primera consulta a un repositorio local relacionada con la temática sobre la que versará el material que se necesita crear y de manera recursiva, la siguiente consulta consiste en refinar los resultados obtenidos en la consulta previa, $n-1$, tomando en cuenta las respuestas a la pregunta n , siendo $1 < n < 11$. Las consultas relacionadas con las respuestas del 1 al 6 permiten localizar aquellos recursos sobre la misma temática y las características de naturaleza pedagógica requeridas.

En caso de que el resultado de la primera consulta sea vacía, es decir, que no exista en el repositorio local ningún contenido relacionado con la temática especificada será necesario proceder a realizar esta misma consulta pero utilizando un servicio de búsquedas en repositorios externos. En el caso que esta nueva búsqueda no obtenga ningún resultado porque no se encuentren recursos con tales características o existan limitaciones para su uso derivadas de las políticas de protección de las instituciones o personas propietarias, se informará al desarrollador al respecto y se le facilitarán los mecanismos de edición, definidos por el paso II de este algoritmo, para que pueda crear los recursos de contenidos, que cumplan con los requisitos descritos por las

respuestas 1 al 6 de ER, en el formato e idioma más adecuado para el medio de presentación y entrega que él haya seleccionado para la pregunta 10 del paso ER.

En caso de que el resultado de la primera consulta no es vacío, se considera además la durabilidad de la temática para facilitar la selección de los recursos. De modo que si la instancia *DC_durabilidad* describe una temática “persistente” se buscará en el repositorio local si recientemente se ha desarrollado algún material cuyos descriptores se correspondan con alguna de las características descritas por las respuestas 1 al 6 del paso ER. En caso afirmativo se recuperarán las anotaciones sobre el desarrollo de tal material (*development rationales*), se verificará que haya sido evaluado de forma satisfactoria y en tal caso, se propondrá al desarrollador que analice si este material le resulta útil para reutilizarlo íntegramente o para reutilizar algunos de sus componentes. Así, la información de dichos *development rationales* podrá servir de guía a las diferentes etapas del desarrollo aprovechando los recursos y la experiencia del desarrollo anterior.

A continuación utilizando la información recuperada en las respuestas del 7 al 11 del paso ER, al ser ésta información más específica sobre la presentación y ejecución del material, se definen nuevos filtros que permitirán refinar los resultados de la consulta correspondiente a la respuesta 6 de ER. Como consecuencia al finalizar la consulta correspondiente a la respuesta 11 de ER se podrá disponer de los recursos de contenidos y en caso de ser necesaria, la estrategia pedagógica, más adecuados para los requisitos definidos, para proceder a la composición del material.

En el caso de que alguno de los filtros no obtenga resultados, se verificará cuál consulta relacionada con el paso n (siempre que $n > 1$) resultó vacía y se le comunicará al desarrollador. En tales casos, se le facilitarán mecanismos de edición para poder crear, modificar o adaptar los contenidos recuperados, de forma que ellos se ajusten a los requisitos especificados según la información aportada por los pasos del $n-1$ al 11.

El paso II del algoritmo de selección tiene el objetivo de proveer al desarrollador de los mecanismos de edición para crear o modificar recursos de contenidos, en los casos en que no se haya podido recuperar de los repositorios algunos recursos o que se precise hacer algunos cambios en los recuperados. Estos mecanismos que utilizan la información de las correspondencias definidas en el meta-modelo para el elemento *S_elementosEstandar* tomando en consideración el tipo de material seleccionado, los componentes del material obtenidos en las respuestas 3 y 4 de ER y el estándar o especificación propuesta como más adecuada a los requisitos especificados por el desarrollador al concluir el paso ER. Para cada recurso a crear se le pedirá al desarrollador elegir a cuál componente del tipo de material previamente seleccionado deberá asociarse. Y se controla además que las características del recurso de contenidos se correspondan con los requisitos descritos según las respuestas a las preguntas del 7 al 11 de ER. De acuerdo con el componente seleccionado (páginas, pregunta, actividades) y a los objetivos educativos definidos por la respuesta 2 de ER;

se le proporcionarán mecanismos de edición para su creación o modificación. Estos mecanismos de edición de componentes disponen de la información sobre cómo se representa cada componente en el modelo de información del estándar o especificación correspondiente, utilizando la información del atributo Componentes de *P_tipoMaterial* y las correspondencias definidas para *S_elementosEstandar* en el meta-modelo MD2 en las que se especifica a cuál elemento del modelo de información deben asociarse los recursos de contenidos. En las Figuras 5.2, 5.3 y 5.5 se muestran estos elementos asociados a Contenidos. Así, al desarrollador se le presenta un editor web basado en los mecanismos de edición de componentes para que pueda incluir los recursos (imágenes, texto, animaciones, audio, etc) y crear los contenidos del componente deseado (páginas, preguntas o actividades) sin necesidad de conocer los detalles de la especificación o estándar correspondiente. Para las páginas, el mecanismo de edición puede ser un editor HTML del tipo WYSIWG, en el que sólo es necesario introducir los recursos deseados para componer una página HTML sin necesidad de conocer HTML. Para las preguntas, el mecanismo de edición de componentes se puede presentar al desarrollador como un formulario web, en el que los campos a completar son Pregunta, para el contenido de la pregunta en cuestión, que incluye un editor HTML similar al explicado previamente; Respuestas-Calificación, que de acuerdo con el tipo de pregunta elegido permite incluir los diferentes tipos de respuestas. Para las actividades el mecanismo de edición de componentes se puede presentar como un editor basado en formularios en el que los campos a completar son Descripción de la actividad, Participantes, Colaborativa y Contenidos. Los tres primeros se corresponden los atributos de igual nombre del elemento Actividad incluido en la definición de *P_estrategia* en el meta-modelo y se controlará que la información introducida para estos campos sean cadenas de texto que se correspondan con las definiciones de dichos atributos en el meta-modelo. Mientras que para el campo Contenidos se debe proporcionar un editor HTML semejante al previamente explicado para que el desarrollador pueda crear los recursos de contenidos necesarios (páginas o preguntas). En los casos en que se desee modificar algún componente, los mecanismos de edición de componentes en lugar de facilitar el correspondiente editor para completar sus diferentes campos del formulario, se recuperará la información del componente para mostrar los datos de cada uno de sus campos con dicha información y se controlará que los nuevos valores introducidos no entren en conflicto con los requisitos descritos según las respuestas a las preguntas del 1 al 11 de ER. En tales condiciones se le pedirá al desarrollador que cambie el valor introducido.

El paso III del algoritmo de selección tiene el objetivo de facilitar la selección de la estrategia pedagógica más apropiada, en aquellos casos en el que la respuesta del desarrollador a la pregunta 3 de ER relacionada con el tipo de material a crear se corresponde “unidades de aprendizaje”. De acuerdo con la definición de esta pregunta en el algoritmo ER, se mostrará al desarrollador un listado de las estrategias

recomendadas para el dominio de conocimiento. Dicho listado y la descripción de cada estrategia se obtiene a partir la información sobre técnicas pedagógicas definidas por el meta-modelo para el elemento *P_estrategia* y con las descripciones de cada estrategia. Una vez que el desarrollador elige el nombre de la estrategia, se guardan los datos en la correspondiente instancia del elemento *P_estrategia*.

Por último, el paso IV del algoritmo de selección se encarga de facilitar la información sobre las razones de desarrollo de la etapa de selección al paso del método MD2 encargado de la generación de anotaciones semánticas. Esta información incluye si se ha reutilizado alguna experiencia anterior de desarrollo, si la temática del material propicia su reutilización tomando en cuenta el valor de la instancia *DC_durabilidad*, el número de recursos de contenidos seleccionados, modificados o creados. Los recursos modificados se corresponden con las variaciones realizadas a recursos de contenidos recuperados que no se ajustaban totalmente a todos los requisitos del desarrollador y en esos casos se especifica el requisito con el nombre del elemento del meta-modelo. Mientras que para los creados se especifica la causa o razón de creación: no se encontraron recursos o las políticas de acceso a los recursos hallados no permiten su libre utilización. Se especifica además si se ha elegido una determinada estrategia pedagógica y su tipo, de acuerdo con la información contenida en el elemento *P_estrategia* y que ha sido inferida de la respuesta a la pregunta 3 (tipo de material a crear) del paso ER.

5.2.5 Paso 3. Composición

En el método de desarrollo de materiales se concibe la etapa de composición como la agregación e integración de ciertos recursos de contenido y la estrategia pedagógica, cuando ésta es necesaria, en una determinada estructura para la presentación y entrega del material acorde con cierto estándar o especificación de *e-Learning*. Dicha estructura se define a partir de la información obtenida de las respuestas 3 a 11 del desarrollador en el paso ER, que especifican los requisitos pedagógicos y de soporte tecnológico para la entrega y visualización del material. De manera que el desarrollador no tendrá necesidad de conocer los detalles de la especificación o estándar *e-Learning* más conveniente para poder llevar a término la etapa de composición del desarrollo.

Para lograr esta meta, son de gran utilidad las relaciones definidas en el meta-modelo MD2 para los diferentes elementos de las vistas P y S, especialmente aquellas que incluyen al tipo de material *P_tipoMaterial*; el medio de representación *S_Medio*; el estándar de presentación y entrega *S_estandar* que permiten especificar en el elemento *S_elementosEstandar* las correspondencias entre las descripciones de gran complejidad técnica provenientes de los estándares y especificaciones *e-Learning* con descripciones de los requisitos del material más simples y cercanas a cualquier tipo de

profesional que participa en el desarrollo. Este tipo de correspondencias han sido utilizadas para definir plantillas que reflejan la estructura de presentación y entrega o ejecución, basadas en las especificaciones y estándares para un determinado medio de presentación, en nuestro caso hipermedia-web, de forma que es posible asegurar la interoperabilidad del material y generar sus correspondientes anotaciones semánticas. En esta sección nos centramos en la etapa de composición, por lo que profundizaremos en la explicación de la generación de anotaciones semánticas para la sección correspondiente. Las plantillas que se han definido para la estructura de presentación y entrega no son más que instancias de la representación en XML de los modelos de información de las especificaciones IMS LD, IMS QTI e IMS CP en las cuales se ha incluido la información para que sea posible la visualización y entrega del material pero no se ha completado la información correspondiente a los recursos de contenidos. Se ha tomado en cuenta que las representaciones en XML de estos modelos de información se pueden considerar como sistemas hipermedia, formadas por nodos que incluyen las diferentes partes de la estructura del modelo de información, enlaces de contenidos que asocian los recursos de contenidos a los nodos y enlaces estructurales, que enlazan los diferentes nodos de la estructura. Los enlaces estructurales se definen de acuerdo con las relaciones entre los diferentes elementos de la especificación o estándar, expresadas en sus respectivos modelos de información. De esta manera es posible la composición del material basada en la integración de los recursos, obtenidos en la etapa de selección, en la estructura de la plantilla elegida a través de la generación de los correspondientes enlaces para los contenidos.

En consecuencia, el objetivo a alcanzar por el paso Composición del método para ofrecer soporte a la etapa del mismo nombre del desarrollo, es disponer de: guías para seleccionar cuál es la plantilla más apropiada; mecanismos que permitan completar y editar la información de cada uno de los elementos que forman la plantilla para la estructura de presentación y ejecución conforme con determinado estándar o especificación *e-Learning*; además de mecanismos para la integración es decir, la agregación de los recursos de contenido y la estrategia pedagógica en dicha estructura. En las siguientes secciones se explica detalladamente cada uno de ellos.

5.2.5.1 Guía para la selección de una plantilla para la estructura de presentación del material

A la hora de elegir una plantilla para la estructura de presentación y entrega del material, es preciso tener información sobre cuál es el estándar o especificación que será utilizado por la plantilla y definir cuáles son los elementos del modelo de información que la componen. Para lo primero se deberá tener en cuenta los requisitos pedagógicos y de soporte tecnológico que haya expresado el desarrollador al responder las preguntas de 3, 4, 5, 10 y 11 del paso ER. Mientras que las respuestas de 7, 8, 9, 11

facilitan los datos para elegir y asignar valores a los elementos que componen la plantilla acorde con las correspondencias definidas en el meta-modelo para el elemento *S_elementosEstandar*.

A continuación explicamos cómo se utiliza dicha información para poder seleccionar la plantilla, recordamos al lector que las preguntas del paso ER aparecen en la Tabla 5.1.

De acuerdo con los valores seleccionados en las respuestas 3 para el tipo de material; 10, para el medio de presentación y las relaciones definidas en el meta-modelo entre los elementos *P_tipoMaterial* y *S_Medio* se infiere el valor para el atributo *IDStandard* de la instancia *S_estandar* y con la confirmación de que no existen contradicciones con el valor seleccionado en la respuesta 11 para el tipo de interacción, se tendrá información sobre el estándar o especificación a utilizar de manera que se conocerá cuál es la plantilla de presentación más adecuada, cuya estructura será descrita por los atributos de las correspondencias con la presentación y entrega de una instancia del elemento *S_elementosEstandar*. De acuerdo con la definición de *S_estandar* se tendrá que: para el tipo de material “Objeto de aprendizaje” se utilizará una plantilla basada en la especificación IMS CP; para el tipo de material “Evaluación” la plantilla se basará en IMS QTI y para el tipo de material “Unidades de aprendizaje” se utilizará una plantilla basada en la especificación IMS LD.

Gracias a las respuestas a las preguntas 4 y 5 relativas al tipo y número de componentes del material; y a las correspondencias de los componentes del material con los elementos del modelo de información de la especificación o estándar, definidas en el meta-modelo para el elemento *P_TipoMaterial*, se dispone de la información necesaria para saber el número y cuáles serán elementos asociados a contenidos que formarán la plantilla. El resto de los elementos de la plantilla se seleccionan tomando en consideración las definiciones de las correspondencias con descriptores de presentación y entrega incluidas en el elemento *S_elementosEstandar* y la información recopilada en las respuestas a las preguntas 7, 8, 11. En la siguiente sección se explican cuales son estos elementos que forman cada una de las diferentes plantillas de presentación y entrega.

5.2.5.2 Mecanismos para completar y editar las plantillas de presentación

Los mecanismos para completar y editar los elementos de las plantillas de presentación facilitan los medios para disponer de toda la estructura de presentación del material antes de proceder a la composición del mismo. Una vez determinada cuál será la plantilla de presentación, estos mecanismos permitirán editar, si fuera necesario, y asignar, de manera transparente al usuario, valores a los elementos que forman la plantilla de presentación a partir de la inferencias derivadas de las

definiciones de las correspondencias con descriptores de presentación y entrega incluidas en el elemento *S_elementosEstandar* y la información recopilada por las respuestas del desarrollador a las preguntas 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8 y 11 del paso ER.

Los mecanismos para completar y editar las plantillas se basan en un algoritmo que consta de los siguientes pasos:

- I. Identificar los elementos de la plantilla cuyos valores se derivan de inferencias sobre las relaciones definidas en el meta-modelo. Completar sus valores de acuerdo con dichas inferencias y los valores obtenidos en el paso ER.
- II. Identificar los elementos de la plantilla a los que se asociarán recursos de contenidos.
- III. Editar elementos de la plantilla, si es preciso utilizando mecanismos de edición de componentes.

En el paso I para cada elemento de la plantilla se podrá asignar un valor siguiendo las correspondencias definidas en el meta-modelo MD2 y explicadas en la sección 4.2.3.4.2 (Correspondencias con descriptores de presentación y entrega). En las Figuras numeradas del 5.2 a 5.5 se muestran las plantillas de presentación para cada tipo de material y cómo las respuestas a las preguntas del paso ER del método son utilizados para completar la información de los elementos de las diferentes plantillas. En estas figuras, los números que aparecen entre paréntesis se corresponden con los identificadores numéricos de las preguntas del paso ER.

Para el paso II, en las dichas figuras se ha señalado cuáles son los elementos en cada plantilla a los que se asociarán los recursos de contenidos obtenidos en la etapa de selección.

Mientras que el paso III utilizará mecanismos de edición de componentes cuyo funcionamiento es similar a lo explicado en la sección 5.2.4 y que se encargarán de verificar que los cambios que se introduzcan en los elementos no sean antagónicos con las correspondencias definidas por el meta-modelo para el elemento *S_elementosEstandar*. En caso de ser necesaria alguna modificación en los elementos de la plantilla identificados en el paso I que están relacionados con la interacción y finalización de la visualización del material, el mecanismo de edición mostrará al desarrollador los valores que introdujo en las respuestas 7,8,9 del paso ER para que indique los nuevos *valores* y *se puedan realizar las inferencias para completar los elementos correspondientes en la plantilla*.

De acuerdo con los pasos de este algoritmo, la plantilla de presentación y entrega basada en IMS QTI presentada en la Figura 5.2 tendrá la cantidad de ítems definidos por la respuesta a la pregunta 5, señalados como las n partes B en la figura. Los recursos de contenidos obtenidos en la etapa de selección se asociarán a esta estructura a través del elemento *presentation:material*.

La respuesta a la pregunta 4 de ER proporcionará la información necesaria para poder definir la forma de presentación de las respuestas a cada tipo de pregunta (Verdadero/Falso, Respuesta Única, Rellenar información y Respuesta múltiple) utilizando los diferentes elementos *presentation:response_lid*, *presentation:response_str*, *presentation:response_fib* y *presentation:response_grp* respectivamente.

Para el caso de la plantilla de presentación basada en IMS LD, representada en las Figuras 5.3 y 5.4. El tipo de elementos necesarios para componer el material proporcionado por la respuesta la pregunta 4 de ER, se corresponde con los componentes de la estrategia pedagógica descrita por una instancia de *P_estrategia*: actividades de estudiantes, actividades del docente para el soporte y asistencia de los estudiantes, actividades evaluativas. Cada uno de ellos tiene una representación en los elementos del modelo de información IMS LD, por lo que al contar con el número de elementos a los que se asociarán los contenidos se tienen las piezas claves para la plantilla de presentación de la estrategia pedagógica. Si el desarrollador deseara prescindir de alguno de estos componentes, mecanismos de edición del paso III de este algoritmo se encargan de controlar que la modificación o supresión de alguno de los componentes de la plantilla de la estrategia no tenga como resultado que se pierda el sentido de la estrategia elegida. Por ejemplo no tiene sentido añadir actividades de evaluación que no estén destinadas a los estudiantes y que no valoren el cumplimiento de los objetivos especificados; ni eliminar actividades de soporte del docente, que estén relacionadas con actividades para los estudiantes y en las que es necesaria la supervisión del docente.

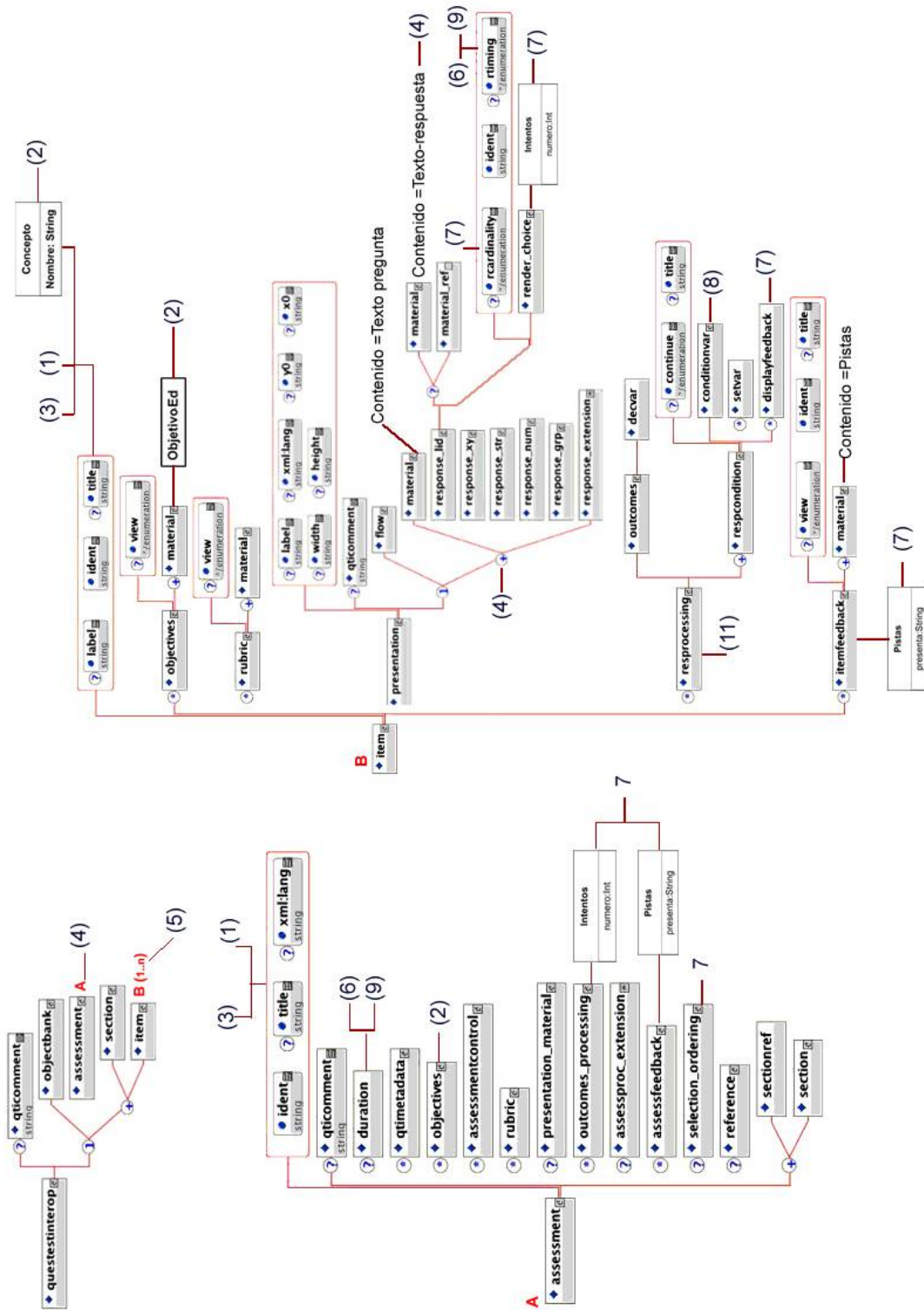


Figura 5.2. La composición de un material basado en el método MD2 y empleando la estructura de presentación definida por la representación XML de la especificación IMS QTI.

En la Figura 5.3 se muestra como las actividades (*imsl:activities*) y estructuras de actividades (*imsl:activity-structures*) tendrán asociados en sus entornos (*imsl:environment*) aquellos contenidos que dependen de las descripciones de los elementos *DC_nombreTema*, *DC_disciplina* obtenidas de las respuestas del desarrollador a la pregunta 1 de ER, *P_estrategia* en la pregunta 3 y *P_habilidades* en la 4. De éste último elemento se obtiene el listado de objetivos, habilidades y competencias, que permite definir los valores de *imsl:learning-objectives*.

Como se muestra en la Figura 5.4 las respuestas 6,9 y 7 de ER permiten definir los valores para las instancias *P_esfuerzoEstimado* y *P_dificultad* que determinan las condiciones de terminación o finalización de los actos (*imsl:acts*) y sus correspondientes actividades (*imsl:activities*) y estructuras de actividades (*imsl:activity-structures*).

El número de actividades y la distribución en actos se define según organización de la estrategia pedagógica seleccionada y descrita por *P_estrategia*, el número de objetivos a alcanzar y los actos se ordenan siguiendo las reglas de ordenación (*DC-comp1* y *DC-comp2*) basadas en los niveles de competencias de tales objetivos educativos y definidas en el meta-modelo para el elemento *DC_listadoCompetencias*.

Cuando el tipo de material a desarrollar son objetos de aprendizaje, la plantilla de presentación está basada en la especificación IMS CP como se muestra en la Figura 5.5. El paso II de este algoritmo dispone de la información obtenida en la pregunta 4 de ER en relación con el tipo de componentes y de acuerdo con su definición en el meta-modelo, éstos podrán ser un conjunto de páginas que se corresponden con el elemento *cp:organization* o un paquete de contenidos que permitirá la inclusión de varios conjuntos de páginas y que se corresponde con el elemento *cp:manifest*. La respuesta del desarrollador pregunta 5 de ER permitirá conocer el número de *cp:items* que deberán incluir contenidos en la plantilla y de acuerdo con el resultado de la etapa de selección los recursos de contenidos obtenidos, se asignaran los elementos *cp:resources* en la estructura de presentación, que a su vez se asociarán a los elementos *cp:items* por medio de las referencias (enlaces) a los respectivos elementos *resources*. Para aquellos ítems que contiene un conjunto de recursos, la referencia apuntará o enlazará con el recurso que contiene o anida el conjunto de recursos. La ordenación de los recursos de contenidos representados por los elementos *cp:items* tomará en consideración los objetivos educativos a alcanzar determinados por la respuesta 2 del paso ER y las reglas de ordenación (*DC-comp1* y *DC-comp2*).

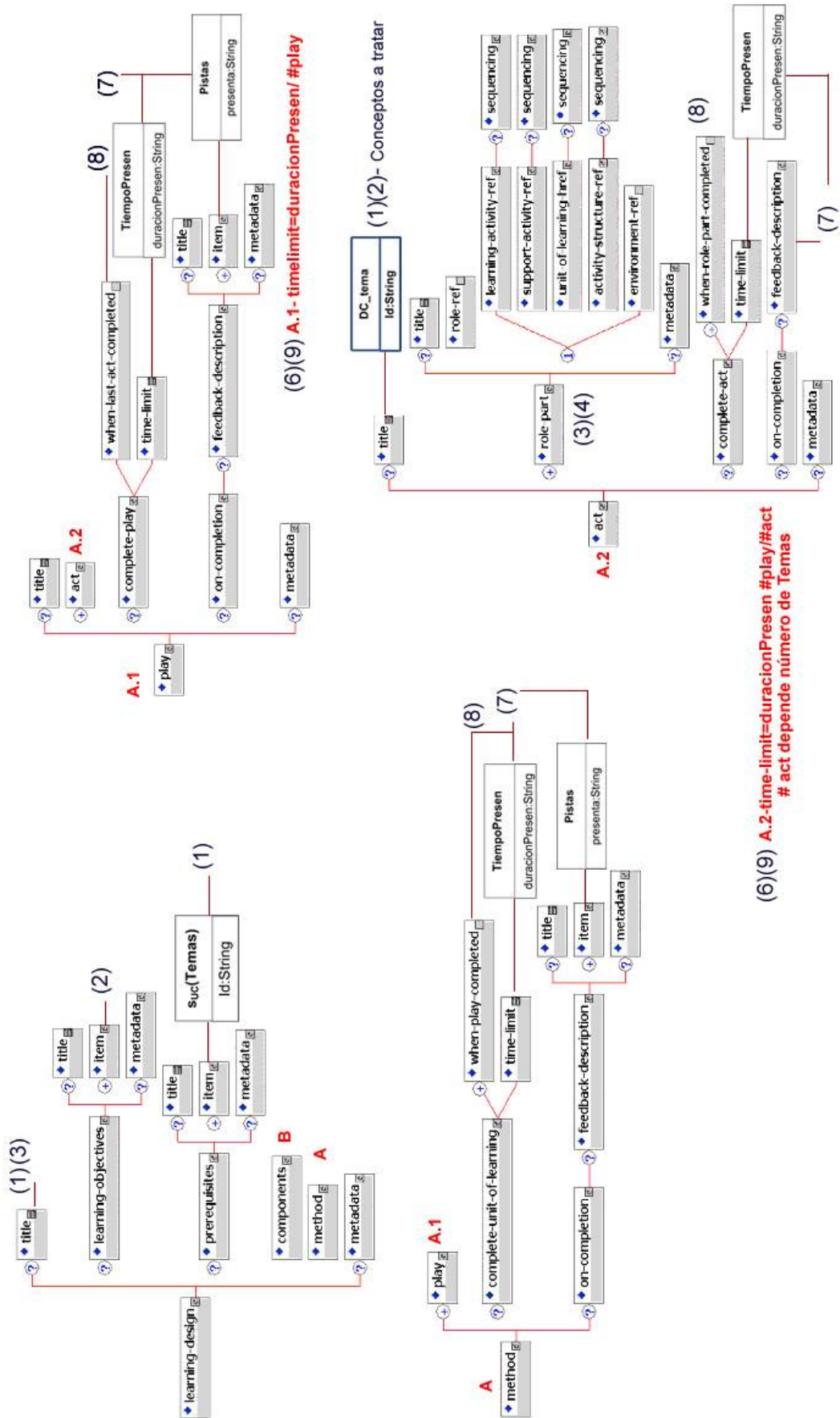


Figura 5. 4 .Composición de un material basado en el método MD2 y empleando la estructura de presentación definida por la representación XML de la especificación IMS LD (segunda parte)

La especificación IMS CP se centra en asegurar la interoperabilidad de los materiales y no tiene en consideración las características de terminación y ejecución del material, por lo que el resto de la información obtenida por el paso ER del método para el caso de la composición de los objetos de aprendizaje proporcionará los datos necesarios para poder generar anotaciones semánticas del material y se explicará en profundidad más adelante en la sección 5.2.7 correspondiente al paso del método Generación de anotaciones semánticas. Para el resto de los tipos de material considerados, evaluaciones y unidades de aprendizaje, de acuerdo con la definición del meta-modelo para el elemento atributo *IDStandard* de *S_estandar* se ha incluido la especificación IMS CP de forma que se asegura que el material obtenido se podrá almacenar y distribuir en forma de paquetes interoperables. Por lo que para concluir el desarrollo, en el paso de Generación de anotaciones semánticas se creará y almacenará en el repositorio un paquete de distribución del material de acuerdo con la definición del meta-modelo para el elemento *S_elementosEstandar*, las correspondencias con descriptores de presentación del modelo de información IMS CP y siguiendo el esquema que se muestra en la Figura 4.30.

5.2.5.3 Mecanismos de integración

Los mecanismos de integración tienen como objetivo llevar a término la composición del material a través de la asociación de los recursos de contenidos en la estructura de presentación y entrega definida según la plantilla seleccionada como la más adecuada para satisfacer los requisitos descritos por las respuestas del desarrollador a las solicitudes del 1 al 11 del paso ER. Para lo cual, se ha diseñado un algoritmo que sirve de base a los mecanismos de integración y está formado por los siguientes pasos:

- I. Recuperar los resultados de la etapa de selección.
- II. Seleccionar y completar la plantilla para la presentación del material.
- III. Integrar los contenidos en la plantilla.
- IV. Visualización del material obtenido.
- V. Facilitar la información sobre las razones de desarrollo (*development rationales*) de esta etapa.

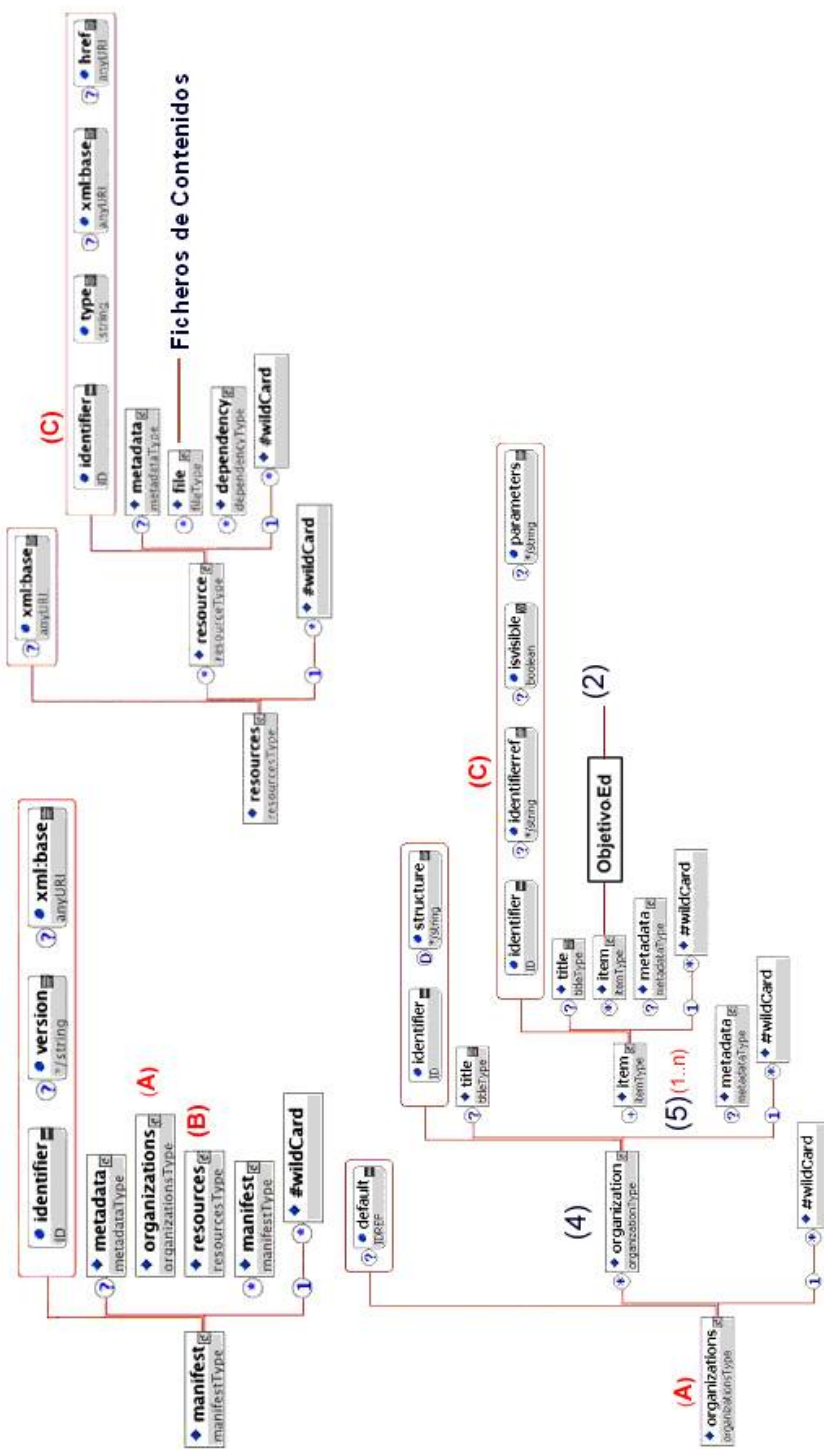


Figura 5.5. Composición de un material (LO) basado en el método MD2 y empleando la estructura de presentación definida por la representación XML de la especificación IMS CP

El paso I de este algoritmo se encarga de recuperar los recursos de contenido y la estrategia pedagógica seleccionados en la etapa de selección y ponerlos a disposición del paso III para su integración con la plantilla de presentación del material.

El paso II utiliza las guías de selección de una plantilla para la presentación del material y los mecanismos completar y editar la plantilla de presentación, previamente explicados, de manera que al concluir este paso se dispone de la estructura de presentación y entrega del material lista para proceder a la integración.

Al iniciarse el paso III se cuenta con elementos suficientes para la composición del material: recursos de contenidos y plantilla de presentación. Como se ha considerado que las plantillas poseen estructuras tipo hipermedia con puntos de conexión que permiten enlazar los contenidos recuperados con su estructura, se puede componer el material a partir de la integración de forma automatizada de estos elementos que han sido identificados a través de los mecanismos del paso II. Los recursos de contenidos se enlazarán con la estructura de acuerdo con los objetivos educativos que potencian y siguiendo el orden resultante de aplicar las reglas de ordenación (*DC-comp1* y *DC-comp2*) definidas en el meta-modelo en la sección 4.2.1.2.

El paso IV se encarga de la visualización del material obtenido, para ello se utiliza un motor de presentación y entrega acorde con el tipo de material creado. Este motor se encarga de interpretar cada uno de los elementos de la plantilla de presentación de acuerdo con el modelo de información de la especificación o estándar *e-Learning* correspondiente y de generar la interfaz del material acorde con las características descritas por los elementos de la plantilla. Este paso facilita al desarrollador la interacción con el material creado y le permite comprobar si éste se ajusta a sus necesidades siguiendo las pautas definidas por el paso Evaluación del método.

Por último, el paso V se encarga de facilitar la información sobre las razones del desarrollo de esta etapa al paso del método MD2 encargado de la generación de anotaciones semánticas. Esta información describe si la etapa se ha realizado como parte del re-diseño del material o no, el tipo de plantilla de presentación utilizada acorde con el estándar o especificación de *e-Learning* elegido, el nombre y localización del fichero que contiene la estructura de la plantilla y el nombre y localización del fichero resultante de la composición del material. En caso de esta etapa se ejecute como parte del re-diseño del material, también se incluye el nombre y valor del elemento o elementos sujetos a modificación y los valores resultantes de cada modificación.

5.2.6 Paso 4. Evaluación

La etapa de evaluación dentro del desarrollo de materiales ha sido frecuentemente ignorada o subestimada en muchas soluciones al desarrollo como algunas de las presentadas en el Capítulo Estado de la cuestión. Pero esta etapa tiene un importante valor ya que permite controlar si las propiedades del material obtenido cumplen los requisitos planteados al inicio de su desarrollo y si en alguna medida también se satisfacen las expectativas de sus creadores o potenciales usuarios [98].

En un desarrollo guiado por el método MD2, una vez que se ha realizado la composición del material y que los desarrolladores han visualizado su resultado, durante la etapa de evaluación se facilitan los medios para controlar si las propiedades del material obtenido satisfacen los requisitos planteados al inicio del desarrollo y las expectativas del desarrollador. Para ello en el paso Evaluación del método se propone inspeccionar objetivos de evaluación, que en este caso sería la calidad vista como la utilidad pedagógica del material creado y la usabilidad de su interfaz. Empleando para ello un mecanismo de evaluación que utiliza los elementos definidos en la vista C-U del meta-modelo. Este mecanismo facilita la valoración de estos objetivos a través del uso de los criterios, aspectos, medidas y reglas definidas en el meta-modelo que permiten controlar y comprobar las propiedades del material didáctico en relación con los objetivos de evaluación y en aquellos casos en los que dichas cualidades no alcancen niveles aceptables se facilitan guías y mecanismos para poder rediseñar el material. En las siguientes secciones se detallan el mecanismo de evaluación y el mecanismo de soporte al rediseño incluidos en el paso evaluación del método MD2.

5.2.6.1 Mecanismo de evaluación

En el diseño del mecanismo de evaluación del método se ha considerado la propuesta de Díaz en [31] para llevar a cabo el procedimiento de evaluación y que se explicó en el Capítulo Estado de la cuestión. Los objetivos de la evaluación como se explicó en el Capítulo 4 en la sección dedicada a la vista de Calidad-Usabilidad serán dos de las características deseables para los materiales: su utilidad pedagógica y la usabilidad de su interfaz. Gracias a los elementos de la vista C-U del meta-modelo MD2 se dispone de los criterios, aspectos, medidas y métricas necesarias para valorar dichos objetivos. El mecanismo de evaluación, se centra en primer lugar en la valoración de la utilidad pedagógica y a continuación, en la usabilidad de la interfaz del material obtenido. Este mecanismo se basa en un algoritmo de evaluación que consta los siguientes pasos, que se repetirán excepto el paso X para cada uno de los objetivos:

- I. Mostrar criterios para evaluar el objetivo.

- II. Mostrar en cada criterio cuáles son los aspectos del material que debe evaluar y pedir la valoración del desarrollador para cada uno de estos aspectos.
- III. Almacenar las valoraciones del paso anterior en las correspondientes instancias del elemento *Aspecto* de acuerdo con sus definiciones en el meta-modelo.
- IV. Calcular de forma automática, las valoraciones de aquellos criterios cuya naturaleza lo permita.
- V. Calcular el valor de la *Relevancia* del material respecto al objetivo evaluado.
- VI. Mostrar resultados de la evaluación y las posibles recomendaciones para el rediseño.
- VII. Utilizar los mecanismos de apoyo o soporte al rediseño en los casos en que los resultados de la evaluación no sean satisfactorios.
- VIII. Convocar una evaluación de carácter colectivo.
- IX. Recuperar y mostrar resultados de la evaluación colectiva.
- X. Facilitar la información sobre las razones de desarrollo (*development rationales*) de esta etapa.

El paso I se encarga de mostrar al desarrollador para cada objetivo de evaluación cuáles son los criterios que deben considerarse en la evaluación del objetivo siguiendo las definiciones de los elementos descriptores *DescriptorCU* de la vista C-U del meta-modelo: *C_utilidad*, para la utilidad pedagógica y *U_usabilidadObservada*, para la usabilidad de la interfaz. Para el caso de *C_utilidad* los criterios definidos son: la completitud *C_completitud*; la riqueza, *C_riqueza*; la exactitud, *C_exactitudC* y la coherencia de los contenidos, *C_coherenciaC*. Mientras que para *U_usabilidadObservada* son la auto-evidencia, *U_autoEvidencia*; la cantidad y severidad de errores, *U_cantidadError*; el tiempo que le tomó familiarizarse con el material, *U_tiempoFam*; la consistencia de la presentación *U_consistencia* y la facilidad en el uso del material, *U_facilUso*.

Mientras que el paso II se dedica a mostrar la información sobre cuáles aspectos del material deberá valorar para cada criterio y a solicitar al desarrollador sus valoraciones. Además de comprobar que los valores introducidos sean válidos respecto a la definición del meta-modelo para cada instancia de *Aspecto* a analizar en cada una de las instancias de *Criterio* y que han sido definidos para cada uno de los elementos *DescriptorCU*.

El paso III se encarga de guardar los datos de las valoraciones del desarrollador para cada uno de los criterios en las instancias del elemento *Aspecto* relacionadas con cada criterio y ponerlos a disposición de los pasos IV y V.

Los pasos IV y V se encargan de computar datos de forma transparente para el desarrollador. En primer lugar en el paso IV se calculan los valores observados de cada

uno de los criterios que de acuerdo a su definición en el meta-modelo pueden ser calculados automáticamente como es el caso de la instancia de Criterio *C_estructuraH* para el elemento *C_utilidad*. A continuación en el paso V se calculará para cada objetivo los valores de la instancia del elemento *Relevancia* aplicando las reglas de agregación (definidas en las secciones 4.1.4.1.7 y 4.2. 4.1.7) y usando las referencias definidas por los valores de las instancias del elemento *Umbral* especificadas en el meta-modelo para cada objetivo de evaluación: *C_umbral* y *U_umbral*. Así al obtener el valor de las instancias de *Relevancia* se dispone de la información sobre la valoración de cada objetivo y se podrán almacenar en las respectivas instancias de *C_utilidad* y *U_usabilidadObservada*.

En el paso VI de este algoritmo, para mostrar los resultados de la evaluación se tendrá en consideración el valor obtenido de la instancia del elemento *Relevancia* de cada objetivo y la influencia de cada uno de los aspectos analizados para cada instancia de *Criterio* de forma que sea posible recuperar y mostrar la información relacionada con las recomendaciones para el re-diseño, en aquellos casos en los que las instancias de *Aspecto* analizadas por desarrollador no alcancen valores pertenecientes a los que han sido definidos por las instancias de *Umbral* para cada objetivo. Si los resultados de la evaluación son satisfactorios se puede concluir la evaluación individual y pasar al paso VIII del algoritmo, en caso contrario se debe pasar al paso VII.

En el paso VII para aquellos casos en que estos resultados de la evaluación mostrados en paso anterior no son satisfactorios, se procede al re-diseño del material empleando un mecanismo de soporte al re-diseño. Este mecanismo deberá verificar la relación cada una de las recomendaciones de diseño con las diferentes etapas del desarrollo para facilitar las herramientas o mecanismos que permiten al desarrollador llevar a cabo las tareas de rediseño recomendadas regresando a la correspondiente etapa del desarrollo: selección o composición. Este mecanismo se explica detalladamente en la próxima sección de este capítulo.

El paso VIII tomando en cuenta el carácter multidisciplinario del desarrollo propone convocar una evaluación de carácter colectivo donde participen otros evaluadores ya sean otros expertos en usabilidad, diseñadores, desarrolladores, profesores, incluso estudiantes. Es necesario pues que para la evaluación que realizará cada participante se repitan los pasos del I al IV de este algoritmo de evaluación. En el paso IV, se calcula de igual forma los valores de cada instancia de *Relevancia* para cada objetivo en las evaluaciones individuales. Pero la evaluación global de cada objetivo se calculará a partir de la agregación de los valores de cada una de las instancias de *Relevancia* obtenidas para cada uno de los evaluadores participantes. Para ello se utilizarán los algoritmos de agregación basados en los operadores LWA [47], puesto que debe considerarse que las valoraciones de cada uno de los participantes no siempre tendrán igual importancia o peso en la decisión final de la evaluación. Una vez obtenida la evaluación global de los dos objetivos se puede pasar al paso IX.

El paso IX tiene como meta recuperar y mostrar resultados de la evaluación colectiva. Si los resultados de la evaluación son satisfactorios se puede concluir la evaluación, en caso contrario se deberá invocar al mecanismo de soporte al re-diseño. Éste mecanismo mostrará todas las recomendaciones para el re-diseño resultantes de la evaluación colectiva, previa verificación de que éstas no se repitan y de su relación con las diferentes etapas del desarrollo. Además facilitará los mecanismos que permitan al desarrollador regresar a la etapa indicada y realizar las tareas de re-diseño recomendadas.

El algoritmo de evaluación concluye si se logra tener una evaluación satisfactoria para cada objetivo o si se ha superado un determinado tiempo (time-out) sin que el desarrollador realice cambios en el material. Entonces, el paso X se encarga de facilitar información sobre las razones del desarrollo de esta etapa al paso del método encargado de la generación de anotaciones semánticas. Esta información incluye para la evaluación individual y la colectiva, los valores de utilidad pedagógica y usabilidad de la interfaz observados correspondientes a los valores de las instancias *C_utilidad* y *U_usabilidadObservada*; los valores de los aspectos analizados para cada uno, los valores de los umbrales de calidad y usabilidad; si es necesario rediseñar el material y en tal caso, cada una de las recomendaciones de diseño propuestas para cada objetivo evaluado.

5.2.6.2 Mecanismo de soporte al re-diseño

Disponer de recomendaciones para el re-diseño es uno de los resultados de los más importantes de la etapa de evaluación puesto que éstas constituyen un medio para asegurar que el material que se está desarrollando cumple con los requisitos establecidos y puede llegar a satisfacer las expectativas su desarrollador sobre cada uno de los objetivos de evaluación: la utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz del material. El propósito del mecanismo encargado de dar soporte al re-diseño es procesar esta información y facilitar al desarrollador los medios para poder modificar el material. Para lograr estos objetivos este mecanismo implementa un algoritmo compuesto por los siguientes pasos para cada objetivo de evaluación:

- I. Recuperar todas las recomendaciones propuestas en la evaluación del objetivo.
- II. Recuperar la información de cada recomendación.
- III. Proveer facilidades para poder modificar los elementos señalados en cada recomendación.
- IV. Reanudar el desarrollo en la etapa correspondiente.
- V. Facilitar la información sobre las decisiones tomadas y resultados del re-diseño.

En el paso I se recopila y almacena en la instancia *Recomendaciones* el conjunto de recomendaciones resultantes de la evaluación del objetivo para cada una de las instancias de *Criterio* en las que los valores de los *Aspectos* analizados no superen el correspondiente *Umbral* de acuerdo con las definiciones del meta-modelo presentadas en la Tabla 4.58.

Los pasos del II al IV se repiten para cada una de las recomendaciones recuperadas en el paso I. El paso II para cada recomendación, se encarga de recuperar la información de la instancia *Prop_rediseño* de cada *Aspecto* que de acuerdo con su definición en el meta-modelo incluye datos sobre la característica o requisito del material analizado, descrito por el valor de *Feature_id* de la instancia *Recomenda*; acerca de qué acciones deben realizarse de acuerdo con el valor del *Acciones* sobre el elemento del material descrito por *Elemento* y en cuál etapa de desarrollo deben realizarse tales acciones de acuerdo con el valor de *Etapa*.

En el paso III, a partir de los datos recuperados de cada recomendación en el paso anterior, inicialmente se verificará que el conjunto de todas las modificaciones propuestas no provoquen contradicciones entre los componentes del material ni entre las instancias de los elementos que describen el material según sus definiciones en el meta-modelo. Seguidamente se ordenarán las acciones a realizar considerando el orden lógico de las etapas del desarrollo: primero las acciones relacionadas con la selección y luego, las de composición. A continuación, según sea el tipo de acción, se proporcionarán diversos mecanismos para llevar a cabo las recomendaciones. Por ejemplo: mecanismos de generación de filtros para la selección de recursos de contenidos y facilidades de edición como las descritas previamente en los mecanismos de edición de componentes para las acciones relacionadas con la etapa de selección o mecanismos para completar y editar la plantilla de presentación y de integración para las recomendaciones relacionadas con la etapa de composición.

En el paso IV se reiniciará el desarrollo en la etapa correspondiente siguiendo la ordenación de las acciones de re-diseño realizadas en el paso anterior.

Este algoritmo se ejecutará para cada uno de los objetivos de evaluación y al terminar el paso IV para último objetivo, el paso VI se encarga de facilitar al paso del método Generación de anotaciones semánticas un histórico o *log* del re-diseño del material. Éste incluye la información sobre las razones de desarrollo de cada una de las etapas ejecutadas en el re-diseño, además de las modificaciones o acciones de corrección realizadas como resultado de las recomendaciones de re-diseño propuestas para cada etapa.

5.2.7 Paso 5. Generación de anotaciones semánticas

Una de las características deseables del material didáctico es su carácter reutilizable y como se explicó en el Capítulo Estado de la cuestión, éste depende, entre otros factores, de la utilización y cumplimiento con las actuales especificaciones y estándares sobre tecnología educativa, especialmente aquellas relacionadas con los meta-datos que facilitan la incorporación de información de carácter semántico, que facilitan su localización y recuperación de forma automatizada [40; 78] y las relacionadas con la interoperabilidad, que permiten su utilización en contextos heterogéneos. La reutilización también depende de la separación en el diseño del material entre los contenidos y su presentación, y del diseño instructivo de forma que se logra cierta independencia entre el diseño de los componentes fundamentales del material y el contexto de su utilización. Este último factor se ha considerado en la concepción del paso Composición del método MD2. Sin embargo, la creación manual de las anotaciones semánticas para un determinado material es un trabajo en ocasiones bastante tedioso que requiere además, de un conocimiento profundo de las características del dominio de conocimiento y de un número considerable de los detalles de carácter pedagógico y del soporte tecnológico relacionados con el material.

En la mayoría de las soluciones actuales al desarrollo, el proceso de anotar los materiales se considera opcional o que debe ser realizado por personal experto en estos temas. Como consecuencia, en muchas ocasiones materiales de calidad no se pueden reutilizar porque carecen de anotaciones semánticas que permitan su localización y recuperación. Debido a esto, como se explicó en el Capítulo Planteamiento del problema, existe la necesidad de contar con mecanismos que generen de forma automatizada las anotaciones semánticas asegurando el carácter reutilizable del material y permitiendo además, extender la actual audiencia de los usuarios de las herramientas de autoría: desde los profesionales con conocimientos avanzados sobre los estándares a cualquiera que necesite desarrollar los materiales ya sean profesores, tutores, diseñadores instructivos, etc.

Tomando en consideración lo anterior, el último paso del método MD2 consiste en la generación de anotaciones semánticas, que se realiza de manera transparente para el desarrollador y persigue el objetivo de asegurar el potencial de reutilización del material, además de aliviar a los desarrolladores de las dificultades de generar las anotaciones semánticas manualmente. El pilar de este paso es un mecanismo que se encarga de asegurar la incorporación de información semántica al material, de manera automatizada y transparente para el desarrollador, una vez que concluya el paso Evaluación del método. El mecanismo de generación crea un conjunto de anotaciones semánticas extendidas a partir del procesamiento del historial de las diferentes acciones realizadas durante el desarrollo. Hemos denominado extendidas a estas anotaciones porque incluyen no sólo las descripciones del material considerando la

especificación IMS LRMDI (IEEE LOM) [53;60] sino también las descripciones de las decisiones tomadas y los resultados obtenidos durante la ejecución de los diferentes pasos del método que ofrecen soporte a las diferentes etapas del desarrollo. A las anotaciones que incluyen este último tipo de descripciones les hemos denominado anotaciones sobre las razones del desarrollo (*development rationales*). Éstas contienen datos sobre la forma de seleccionar (recuperar, versionar o crear) recursos de contenidos y la estrategia; acerca de la realización de la composición (selección de la estructura de presentación y ejecución o plantilla, modificaciones realizadas a la misma, integración de los contenidos en dicha plantilla, localización del resultado de la integración) y sobre la evaluación, sus resultados y las recomendaciones de re-diseño propuestas y acciones realizadas. Este tipo de anotaciones será de utilidad para guiar y simplificar el desarrollo en aquellos casos en los que los materiales a crear tengan requisitos pedagógicos, de soporte tecnológico y del dominio de conocimiento similares a materiales previamente desarrollados y en los que se haya obtenido un resultado satisfactorio en sus evaluaciones.

El mecanismo de generación de anotaciones semánticas, se basa en un algoritmo que está compuesto por los siguientes pasos:

- I. Recopilación de información semántica:
 - a. Para describir el material.
 - b. Sobre las razones del desarrollo (*development rationales*).
- II. Generar los correspondientes ficheros de anotaciones.
- III. Guardar en el repositorio el material y sus anotaciones.

Para explicar cada uno de estos pasos nos auxiliaremos de la Figura 5.6. Para el paso Ia. se utiliza la información obtenida por el paso ER del método que aparecen mostrados en la Figura 5.6 como entrada de requisitos. Esta información además será usada por el método para guiar y resolver los problemas de las etapas de selección y composición, como se explicó en secciones anteriores; proporciona los datos que permiten describir las características del material teniendo en cuenta las correspondencias con los descriptores de carácter general definidas en el meta-modelo para el elemento *S_elementosEstandar* (véase la sección 4.2.3.4.1) y que se han reflejado en la Tabla 5.1.

El paso Ib. se encarga de recopilar la información sobre las razones de desarrollo (*development rationales*) resultantes de la ejecución de cada uno de los pasos del método que ofrecen soporte a las diferentes etapas del desarrollo y han sido mostradas en la Figura 5.6 como DR. Las razones de desarrollo incluyen datos como el nombre del paquete de distribución del material, el nombre de cada etapa del desarrollo, los productos obtenidos en cada etapa y la forma en que se ha procedido para obtenerlos. Es decir, las decisiones tomadas en cuanto a la selección: la forma de selección de contenidos: recuperación, modificación o creación y su causa; el tipo de estrategia

seleccionada o la durabilidad del tema. Además de las referencias a los recursos que componen el material, cuando éste constituye una versión o modificación de algún material previamente recuperado. En relación a la composición: la selección de la plantilla de presentación que define la estructura de presentación y ejecución del material; las modificaciones realizadas en la plantilla, el resultado de la integración de los contenidos con la estructura de presentación y su localización. Respecto a la evaluación, incluye los resultados alcanzados: valores observados de utilidad pedagógica, usabilidad, valores de los criterios y aspectos asociados a cada uno; si ha sido necesario re-diseñar el material y en caso afirmativo, los datos sobre la ejecución de las recomendaciones propuestas, las modificaciones realizadas a partir de ellas, los valores de los elementos MD2 modificados y los productos obtenidos en cada etapa del desarrollo como consecuencia del re-diseño.

En el paso II se crean los ficheros de anotaciones semánticas extendidas en formato XML utilizando la información obtenida en el paso anterior de este algoritmo y conformes con los esquemas XML (*XML Schemas*) correspondientes. Para las descripciones generales del material se utiliza el esquema XML definido para IMS LRMDI [60] y se genera el fichero de anotaciones *LOM.xml*. Mientras que para las anotaciones sobre las razones del desarrollo se genera el fichero *developmentrationales.xml* conforme con el esquema XML que hemos diseñado como parte del método, cuyo contenido se explica en detalles en el Anexo 3.

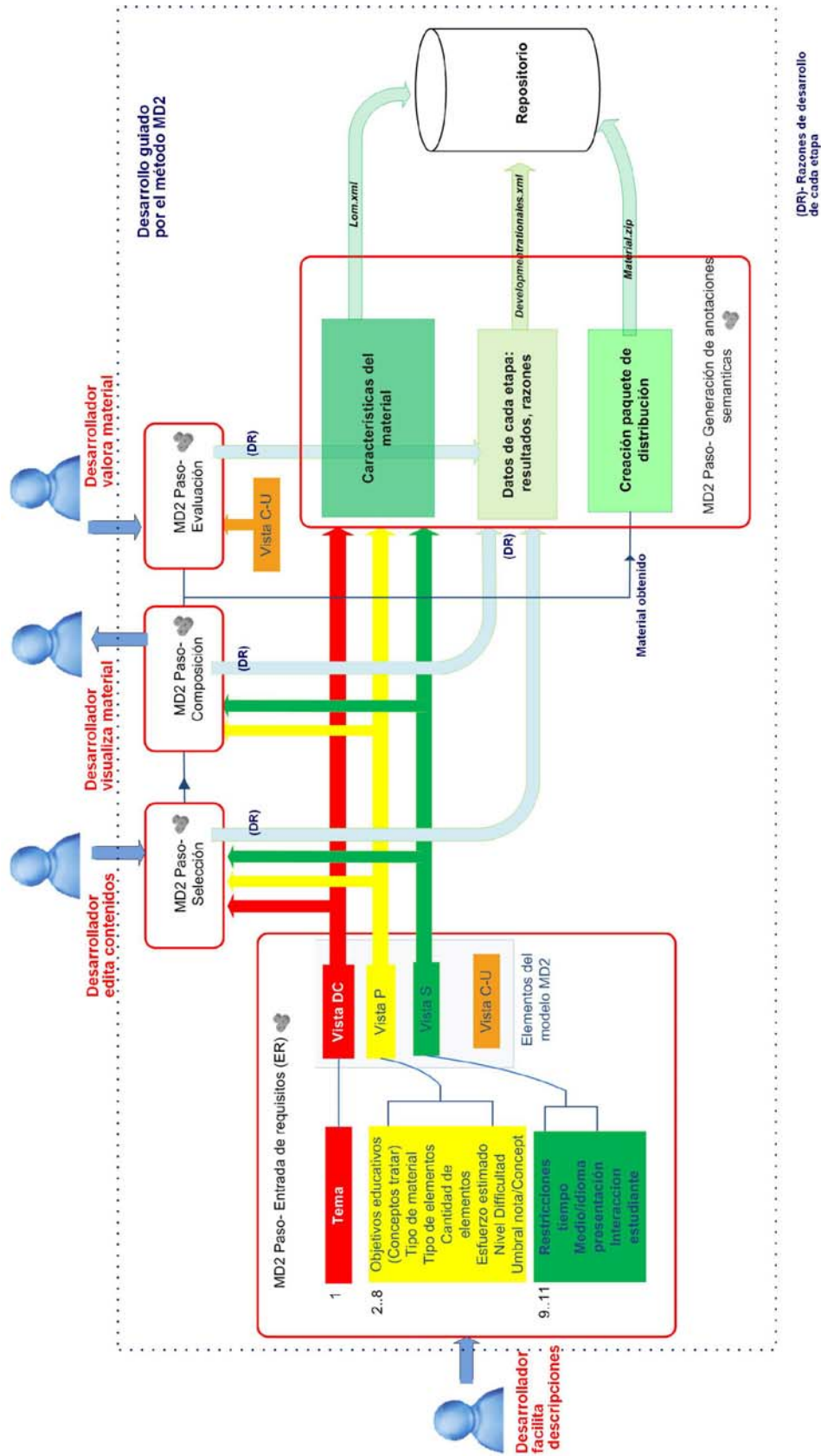


Figura. 5.6. Paso Generación de anotaciones semánticas. Flujos de información

Figura. 5.6. Paso Generación de anotaciones semánticas. Flujos de información

Elementos LOM contemplados en el elemento <i>S_elementosEstandar</i>		Relacionados con los elementos MD2
Categoría	Elemento	
General	title	<i>DC_tema</i> <i>P_tipoMaterial</i> , desarrollador, afiliación, fecha
	aggregation-level	<i>P_tipoMaterial</i>
	language	<i>S_medio (IDIdioma)</i>
Technical	format	<i>S_medio (IDFormato)</i>
	requirement-operating-system	<i>S_medio</i>
	requirement-browser	<i>S_medio</i>
	duration	<i>P_esfuerzo</i>
Classification	classification-purpose	<i>DC_disciplina</i> , <i>P_habilidades</i>
	classification-taxopath-source	<i>DC_disciplina</i> , KD nombre de la ontología
	classification-taxopath-taxon	<i>P_habilidades</i>
Educational	learning resource type	<i>P_tipoMaterial</i>
	interactivity level	<i>S_interaccion</i>
	difficulty	<i>P_difficultad</i>
	typical learning time	<i>DC_tiempoEstimado</i>

Tabla 5.2. Relaciones entre los diferentes elementos del modelo MD2 que permiten obtener las anotaciones semánticas sobre las características del material.

El paso III se encarga de guardar en el repositorio las anotaciones semánticas junto al material creado. De acuerdo con la definición del elemento *S_medio* en el meta-modelo (Sección 4.2.3.3) para todos los tipos de material se utilizará la especificación IMS CP. De manera que se pueda asegurar la interoperabilidad de los mismos, es decir, la facilidad de ser intercambiados entre sistemas heterogéneos que cumplan con la especificación. Consecuente con ello, en el paso III inicialmente se crea el paquete de distribución del material, de acuerdo con la definición del meta-modelo para el elemento *S_elementosEstandar*, las correspondencias con descriptores de presentación del modelo de información IMS CP y siguiendo el esquema que se muestra en la Figura 4.30. A continuación, se agrega al paquete de contenidos el fichero de descripción del material (*LOM.xml*) y se almacena junto al fichero de anotaciones sobre el desarrollo (*developmentrationales.xml*) en el repositorio utilizando la información recopilada en el paso la.

Se ha definido la forma de nombrar el paquete de contenidos. Para su nombre se genera una cadena de caracteres con la siguiente estructura: *Material_+DC_Tema+P_tipoMaterial+_fecha+_autor+_institucion+_version.zip*. Donde

Material se utiliza para diferenciar los materiales creados por el método de aquellos materiales o contenidos que se almacenan en el repositorio. *DC_Tema* y *P_tipoMaterial* representan los valores de los respectivos elementos del modelo MD2 para el material creado; fecha y autor incluyen los datos del autor, nombre de la institución a que pertenece y la fecha de creación; mientras que versión será acompañado por el número de la versión correspondiente del material. Además no se establecerán limitaciones en el uso posterior de los materiales desarrollados utilizando el método y almacenados en el Repositorio local.

Una vez presentados cada uno de los pasos del método con los algoritmos, mecanismos y guías que les permiten ofrecer soporte a las diferentes etapas del desarrollo de materiales didácticos. En la próxima sección presentamos un ejemplo que ilustra como se aplican los pasos del método y como interactúan todos los mecanismos previamente explicados.

5.2.8 Ejemplo de desarrollo de materiales utilizando el método

En esta sección se describe como funciona el método MD2. Para ello, hemos elegido un escenario de trabajo en el cual los pasos que conforman el método MD2 guiarán a un desarrollador que necesita crear un material bajo las premisas de ser: conforme con los estándares y especificaciones sobre *e-Learning*, potencialmente reutilizable y debe dar soporte a un proceso educativo en el dominio de Ciencias de la computación.

En primer lugar, el paso Entrada de Requisitos (ER) del método, de acuerdo con el algoritmo diseñado, se encarga de presentar al desarrollador las 11 solicitudes sobre los requisitos del desarrollo, controlar la validez de la información proporcionada de acuerdo con las definiciones de los elementos en el meta-modelo y almacenar dicha información en las correspondientes instancias del modelo MD2. Como se explica a continuación.

1. Selección del tema de los contenidos del material: Como se conoce el dominio de conocimiento, el desarrollador sólo debe seleccionar la temática a tratar y elige el tema Estructura de Datos Árboles AVL. El paso II del algoritmo de ER se encarga de comprobar que este tema existe en la Ontología disponible sobre el aprendizaje del dominio Ciencias de la Computación y que pertenece al conjunto de temas *s_{UC}Temas*: “Estructuras de Datos” de la *Unidad de conocimiento* “Construcciones básicas para la programación” del *Área de Conocimiento* “Fundamentos de Programación”. Terminada esta comprobación, se presentará tal información al desarrollador, para que confirme si esa es la temática de interés. Esta confirmación servirá para que el paso ER almacenar dicha información en las

correspondientes instancias de los elementos de la vista DC y se continúe con el siguiente paso (III) del algoritmo de ER.

2. Selección de los objetivos educativos a alcanzar: El desarrollador deberá seleccionar cuáles son las competencias que se deben alcanzar al finalizar el proceso educativo. Para ello, el algoritmo de ER recupera la información sobre la instancia de *DC_listadoCompetencias* y muestra al desarrollador el listado de posibles competencias. Para el caso de desarrollo de este ejemplo, el listado incluye las siguientes:
 - a. Conocer-Conocer-Representación de la Estructura de Datos Árboles AVL.
 - b. Conocer-Conocer-Operaciones de la Estructura de Datos Árboles AVL
 - c. Conocer-Conocer- uso de la Estructura de Datos Árboles AVL
 - d. Comprensión-Describir-Almacenamiento en memoria y uso de memoria de la estructura Árboles AVL.

El desarrollador selecciona la opción (b) y el valor que incluye las competencias del tipo Conocer definidas usando el verbo Conocer y los conceptos Operaciones de la Estructura de datos Árboles AVL se almacena en la instancia del elemento *P_habilidades*.

3. Definición del tipo de material que se necesita desarrollar: Como respuesta a esta solicitud, el desarrollador selecciona “unidades de aprendizaje” (UOL), que será almacenado en la instancia *P_tipoMaterial* y servirá para realizar las inferencias que permitan definir los valores de los elementos de la vista S relacionados con el estándar de presentación y entrega: *S_estandar*, *S_elementosEstandar*. De acuerdo, con el algoritmo de ER, en este caso el desarrollador deberá elegir además el tipo de estrategia pedagógica a utilizar, para lo cual se le presenta un listado de las estrategias más recomendadas para el Dominio de Conocimiento Ciencias de la Computación y que se obtiene de la definición del meta-modelo para el elemento *P_estrategia*.

Para este ejemplo se tiene en cuenta que las estrategias más recomendadas para el dominio de conocimiento especificado son: aprendizaje basado en problemas (ABP), aprendizaje orientado a proyectos (AOP), el aprendizaje colaborativo o cooperativo (AC) y el aprendizaje basado en procedimientos (PROC). El desarrollador elige Aprendizaje basado en procedimientos con la participación del docente y el algoritmo ER almacena este valor en la instancia de *P_estrategia*. Considerando la definición del meta-modelo para *P_estrategia*, el paso ER podrá facilitar información sobre el tipo de contenidos que se necesitarán, de forma que el paso Selección de recursos del método podrá realizar consultas al Repositorio que le permitan

recuperar/modificar o crear los recursos de contenido para la estrategia elegida. Además, el paso ER podrá transferir datos al paso Composición sobre los elementos que deberán incluirse en la plantilla de presentación del material.

4. Definición del tipo de elementos que compondrán el material: Tomando en cuenta la información obtenida por la pregunta anterior, el algoritmo de ER recupera la información sobre los posibles valores para el atributo *Componentes* del elemento *P_TipoMaterial* y se muestran estos valores en un listado para que el desarrollador elija uno de ellos.

Como se ha elegido UOL en la respuesta anterior, la lista muestra las siguientes opciones: Estrategia completa, Estructuras de Actividades, Actividades. El desarrollador elige Estrategia completa y gracias a ello, el paso ER puede facilitar estos datos al paso Composición para determinar cuál es la plantilla necesaria para la estructura de presentación del material.

5. Definición del número de elementos necesarios para el material: De acuerdo con la selección del paso anterior y tomando en consideración la información sobre la estrategia elegida, el paso ER solicita al desarrollador confirmar el número de recursos propuesto para las actividades de acuerdo con la descripción de la estrategia seleccionada y de acuerdo con la definición del elemento *P_estrategia* en el meta-modelo o introducir un valor *m* que determine la cantidad de recursos de contenidos a asociar a las actividades. El paso Selección de recursos utiliza esta respuesta para crear los filtros o consultas al repositorio que permitan recuperar, crear o modificar los *m* recursos de contenidos necesarios para cada actividad que conforma la Estrategia.

El desarrollador elige 3 que se traduce en 3 recursos por cada actividad relacionada con un objetivo educativo, de acuerdo con la descripción de la estrategia elegida y presentada en el Anexo 2. Por lo que serían $m=9$ recursos de contenidos, 3: sobre teoría, 3 sobre prácticas y 3 para las actividades de evaluación. Esta información se le muestra al desarrollador para pedirle su conformidad al respecto.

6. Definición del esfuerzo estimado para la ejecución del material que permita lograr los objetivos educativos. El algoritmo ER muestra al desarrollador una lista de posibles valores para seleccionar un valor sobre la estimación del tiempo. En este listado el valor del límite superior de tiempo está definido por el valor de la instancia del elemento *DC_tiempoEstimado*, 6 horas y se obtuvo en el paso II del algoritmo ER. De acuerdo con la definición de este algoritmo se muestran 4 valores en esta lista obtenidos al dividir el límite superior en intervalos uniformes de 2 horas.

El desarrollador selecciona 4 horas y el algoritmo ER almacena dicho valor en la instancia del elemento *P_esfuerzoEstimado*.

7. Selección del nivel de dificultad necesario para la presentación del material: El paso ER muestra al desarrollador la lista de posibles valores para la dificultad de la presentación [Alto, Medio, Bajo] y su selección se guarda en la instancia del elemento *P_dificultad*.

En este caso, el desarrollador elige el valor Medio, que será usado por el paso del método Selección de recursos en la creación de consultas al repositorio. Mientras que el paso Composición utiliza este valor para realizar inferencias de acuerdo con las relaciones definidas en el meta-modelo para el elemento *P_dificultad* y *S_elementosEstandar* permitirán al mecanismo para completar y editar los elementos de las plantillas de presentación que permitan controlar el tiempo de ejecución para las actividades, condiciones de finalización del proceso, finalización de actividades. (Vea Figuras 4.28 y 4.29). Además de tener información para los elementos de la presentación encargados de controlar la dificultad de presentación. El valor la dificultad media, se puede interpretar de acuerdo con la Tabla 4.17 en que se facilitaran pistas para resolver las actividades, pero se podrá realizar un solo intento para resolver los problemas planteados.

8. Definición del umbral para determinar si se han alcanzado los objetivos educativos: Se pide al desarrollador seleccionar, en primer lugar, si necesita este un umbral o no. En caso afirmativo deberá determinar el valor de dicho umbral a partir de un listado de posibles puntuaciones y/o cobertura de conceptos.

Como se ha elegido desarrollar una unidad de aprendizaje y el paso ER dispone de la información de la estrategia a emplear, este valor se traduce en solicitar la definición de cuál es la puntuación mínima a alcanzar en las actividades evaluativas y después de cuál actividad se puede considerar que el estudiante tiene cubiertos el mínimo de objetivos educativos. En este caso se elige que al finalizar la actividad práctica se han cubierto los objetivos mínimos y la puntuación mínima serán 5 puntos en la actividad final de evaluación.

Esta información es utilizada en el paso Composición para que el mecanismo para completar y asignar valores en la plantilla de presentación pueda establecer en la instancia de *S_elementosEstandar* los valores relacionados con la presentación, control y entrega del material, que determinarán cuando se consideran logrados en su mínimo estado los objetivos educativos, de acuerdo a las correspondencias definidas en el meta-modelo MD2.

9. Definición de restricciones de tiempo en la presentación del material: Se pide al desarrollador definir si son necesarias limitaciones para el tiempo de presentación y ejecución del material, a través de la selección de una de las posibles opciones (Si, No). Su respuesta es Si y de acuerdo con la definición del algoritmo de ER se le pide definir un rango de valores para restringir la presentación y ejecución para cada uno de los diferentes elementos del material elegidos en el respuesta 4.

El desarrollador deberá seleccionar un valor del listado de posibles valores de tiempo cuyo límite superior está definido por el valor del esfuerzo estimado para la ejecución. El algoritmo de ER conociendo el número de recursos a incluir para cada elemento, (valor obtenido de la respuesta 5), se encarga de verificar que el tiempo total, calculado como la suma de los tiempos asignados a cada elemento, sea inferior al valor obtenido para la instancia de *P_esfuerzoEstimado* en la respuesta 6. En el ejemplo el desarrollador elige 2 horas para la actividad de teoría, 1 hora 30 minutos para la actividad de práctica y 30 minutos para la actividad de evaluación. Esta información es utilizada por el paso Selección de recursos para localizar y recuperar o crear los recursos de contenidos, cuya duración deberá ser inferior a los tiempos establecidos para cada elemento. Además, el paso Composición, utiliza estos datos para que el mecanismo correspondiente pueda completar en la plantilla de presentación la información relacionada con el tiempo disponible para realizar tales actividades.

10. Selección del medio de representación: Inicialmente el algoritmo de ER le pedirá al desarrollador elegir cuál es el idioma en que deberá mostrarse el material que se desea crear. Para ello mostrará una lista de los posibles idiomas (“es”, “en”, “fr”, “pt”, “nl”) con la correspondencia al idioma que representa cada valor, de acuerdo con la definición del meta-modelo para el elemento *S_medio*. A continuación, el algoritmo muestra al desarrollador la lista de posibles medios a elegir (“impreso”, “hipermedia-Web”, “web-semantica”, “ubicuo” y “otras”).

El desarrollador elige “es”- español y el algoritmo de ER guarda este valor en el atributo *IDioma* de la instancia *Idioma* asociada al elemento *S_Medio*. El paso Selección de recursos utilizará este valor para que las facilidades de edición permitan al desarrollador crear los recursos necesarios en el idioma correspondiente.

Para el medio de representación, el desarrollador selecciona “hipermedia-Web” y el algoritmo ER realiza las inferencias necesarias para proponer un estándar o especificación de acuerdo con las relaciones definidas en el meta-modelo entre el elemento *S_estandar* y los elementos *P_tipoMaterial* y *S_Medio*. En este caso propone utilizar la especificación IMS LD que se corresponde con los requisitos planteados por el desarrollador respondiendo a las preguntas 2 (*P_tipoMaterial*) y 10 (*S_Medio*).

11. Definición del nivel de interacción del estudiante: Se le pide al desarrollador definir cuál es el nivel de interacción que considera necesario para el estudiante alcance las competencias determinadas y si la interacción con otros estudiantes facilita el logro de tales objetivos. El paso ER le proporciona un listado de valores aceptados en el meta-modelo [Alto, Medio, Bajo] para la interacción individual. Y le pide seleccionar para el segundo aspecto una de las opciones [un estudiante, varios estudiantes].

En este caso, el desarrollador elige el valor Medio para la interacción de un estudiante y elige un estudiante como segunda opción. . El algoritmo de ER verifica que estas respuestas no constituyan ninguna contradicción respecto a las relaciones definidas en el meta-modelo para los elementos $S_interacción$, $P_tipoMaterial$ y S_Medio . Concluida esta verificación, las respuestas permiten disponer de la información para asignar valores a la instancia del elemento $S_interacción$. Una vez que el algoritmo dispone de la información de las instancias de los 3 elementos previamente mencionados, se verifica la validez de las relaciones definidas en el meta-modelo entre estos elementos y que han sido mostradas en la Figura 4.20 y se puede determinar también que la proposición del paso anterior sobre el estándar de presentación y entrega, IMS LD es correcta. Así, se podrá facilitar esta información al paso Composición para que determine la estructura de presentación del material

En este punto, el paso ER ha recopilado la información sobre los requisitos para el desarrollo del material y ha guardado esta información en los diferentes elementos del modelo MD2 que describen al material que se está desarrollando. Transfiere al paso de generación de anotaciones semánticas para describir el material siguiendo las correspondencias mostradas en la Tabla 5.1 y sobre las razones de desarrollo de esta etapa. Además de poner a disposición del resto de pasos del método la información recopilada para que éstos puedan ofrecer soluciones a las diferentes etapas del desarrollo.

Mientras, el paso de Selección de recursos y el algoritmo de selección ha ido creando progresivamente filtros de consulta al repositorio local con la información obtenida en el paso ER. Como resultado han recuperado 6 de los recursos de contenidos relacionados con la teoría y la evaluación de las competencias pero no se han podido recuperar los otros 3 recursos requeridos para la actividad de prácticas. Estos resultados se muestran al desarrollador y además de proporcionarle mecanismos de edición de componentes en el idioma previamente seleccionado, que le permiten crear estos recursos en el formato definido para el medio de representación elegido, de acuerdo con la definición del meta-modelo para el elemento S_medio . En este caso será HTML y en español. Para las páginas a incluir en la actividad de prácticas, de acuerdo con los objetivos educativos que deben potenciarse, el mecanismo de edición

puede ser un editor HTML del tipo WYSIWG, en el que sólo es necesario introducir los recursos deseados para componer una página HTML sin necesidad de conocer HTML.

En ese momento el paso Selección de recursos transfiere al Paso Generación de anotaciones semánticas los datos relacionados con la etapa de selección, número de recursos de contenido seleccionados y creados, las razones por las que fue necesario crear dichos contenidos, el nombre de la estrategia utilizada, la durabilidad de la temática que es persistente, por lo que el material creado podría ser reutilizado en materiales cuya temática esté relacionada con el tema Estructura de Datos Árboles AVL.

Una vez se tienen todos los recursos de contenidos, el paso de Composición del método se inicia ejecutando la guía para seleccionar la plantilla correspondiente a la estructura de presentación y entrega del material que en este caso resulta estar basada en IMS LD de acuerdo con la especificación propuesta como más apropiada. El mecanismo definido para completar la información de la plantilla tendrá toda la información que le permita proceder a la integración de los recursos con la estructura de presentación definida por la plantilla seleccionada y presentada en las Figuras 5.3 y 5.4. Para el ejemplo que explicamos, de acuerdo con la información que describe la instancia de *P_estrategia* la plantilla basada en IMS LD tiene un acto formado por 2 estructuras de actividades para los estudiantes, una para las actividades sobre teoría y prácticas y otra para las actividades de evaluación. En este acto, el profesor tendrá asignada una actividad de soporte para la actividad de evaluación del estudiante (vea Anexo 2 la descripción de la estrategia Aprendizaje basado en procedimientos con la participación del docente). Para cada una de las actividades se asocian 3 recursos de contenidos, de acuerdo con las competencias elegidas. Las restricciones de tiempo son 2 horas para la actividad de teoría, 1 hora 30 minutos para la actividad de práctica y 30 minutos para la actividad de evaluación con las restricciones de tiempo. Con una dificultad media, que se traduce de acuerdo con la Tabla 4.17 en que se facilitaran pistas para resolver las actividades, pero se podrá realizar un solo intento para resolver los problemas planteados. Además, con los datos sobre el umbral para determinar si se han alcanzado los objetivos se pueden asignar valores en la plantilla para que se considere que al finalizar la actividad práctica se han cubierto los objetivos mínimos y la puntuación mínima serán 5 puntos en la actividad final de evaluación.

Con todos estos datos, el mecanismo de integración del paso Composición puede realizar la agregación de los contenidos a la estructura de presentación definida por la plantilla y obtener el material que se necesita. Concluida la integración, se procede a la visualización del material, publicando éste un motor de visualización basado en IMS LD (que podría ser CopperCore [25]) de forma que el desarrollador pueda interactuar con el material y valorar si éste puede servir de soporte al proceso educativo.

Llegado este punto, el paso de Composición facilitará al paso Generación de anotaciones semánticas toda la información sobre esta etapa: el tipo de plantilla de

presentación utilizada que se basa en la especificación IMS LD; el nombre y localización del fichero que contiene la estructura de la plantilla (*basadaprocedimientos.zip*); el nombre y localización del fichero resultante de la composición del material. El paso de generación producirá el nombre del fichero del paquete de contenidos partir de una cadena de caracteres que contiene los siguientes datos: *Material_DC_Tema+P_tipoMaterial+_fecha+_autor+_institucion+_version.zip*. De esta forma el nombre del fichero para este ejemplo es *MaterialArbolesAVL_UOL_060920007_tzarra_uc3m_ver1.zip*.

A continuación, el paso Evaluación del método inicia la ejecución del mecanismo de evaluación. Para ello, en primer lugar, ejecuta los pasos I y II del algoritmo de evaluación para el objetivo utilidad pedagógica del material, *C_utilidadP*. Se muestra al desarrollador los criterios que debe valorar y para cada uno de ellos los aspectos que debe analizar proporcionando sus posibles valores, una explicación sobre que características del material deberá observar para que pueda asignar cada valor y solicita la selección de la característica que no se ajusta al valor esperado.

De acuerdo con las definiciones del meta-modelo para deberá valorarse la completitud *C_completitud* en relación a los aspectos cobertura de conceptos y la idoneidad de la propuesta de la interacción del estudiante con el material. De modo que se muestra el listado de conceptos que deberían haberse tratado obtenidos por la respuesta 2 del paso ER y se pedirá la valoración. En este caso para todos los conceptos el desarrollador elige “poca cobertura” y para la idoneidad de la interacción “bastante idóneo”. Para la riqueza de los contenidos, *C_riqueza*, los aspectos a valorar serán la cantidad de información y las formas de presentación. Para el primero deberá analizar si para cada uno de los objetivos educativos definidos en *P_habilidades*, los contenidos muestran la cantidad de información suficiente para lograr su alcance. El desarrollador asigna “bastante información”. Para el segundo deberá valorar si se muestran diferentes formas de presentación para los diferentes roles y como se han diferenciado las actividades para el profesor y el estudiante, el desarrollador elige “algunas formas”.

Respecto a la exactitud de contenidos, *C_exactitudC*, se le solicita valorar el aspecto relación con la temática para comprobar si existe alguna relación de los contenidos con la temática la elegida y si existe relación entre estos contenidos con los objetivos especificados. En el primer caso, el desarrollador evalúa como “bastante relacionado” con la temática y como “poco relacionado” con los objetivos.

Para la coherencia de los contenidos, *C_coherenciaC*, se le pide evaluar además de la posible relación con la temática y los objetivos, si observa alguna contradicción respecto a ellos. En relación con la temática elegida, valora que existe “poca contradicción”, mientras que para los objetivos educativos, define que hay “poca contradicción” aunque no se ajustan a los objetivos.

El paso III del algoritmo de evaluación, se encarga de guardar los valores asignados por el desarrollador a cada una de las instancias de *Aspectos* y de transferir estos datos al paso V. Mientras que el paso IV es responsable de calcular de forma automática, el valor del criterio *C_estructuraH* para la estructura del hipertexto, que teniendo en cuenta la distribución propuesta de contenidos por actividades en la plantilla resulta “balanceada”. A continuación, el paso V se encarga del cálculo el valor de la *Relevancia* respecto a la calidad, siguiendo las reglas de agregación y como resultado de aplicar la primera regla *Relevancia_r1*, sobre el criterio discriminante *C_exactitudC*, como uno de sus aspectos supera el umbral de Calidad, el material no es relevante. Como consecuencia de ello, el paso VI muestra los resultados de esta evaluación: el material es “muy poco útil” y las recomendaciones definidas en el meta-modelo, para el re-diseño considerando el *Aspecto relacion_objetivo*. El mecanismo de apoyo al re-diseño se encarga de procesar esta información (Tabla 4.72) y tomando en cuenta que las acciones recomendadas están relacionadas con la selección se facilita al desarrollador el mecanismo para generar nuevos filtros que permita recuperar nuevos contenidos y las facilidades de edición para los casos en que desee o necesite hacer modificaciones o crear nuevos contenidos de acuerdo a los requisitos iniciales. Por lo que una vez que el algoritmo de evaluación procese la información de evaluación sobre la usabilidad, se deberá reiniciar el desarrollo por la etapa de selección.

Para la evaluación de la usabilidad de la interfaz del material se sigue el mismo procedimiento, se muestran los criterios, los aspectos a valorar y la información al evaluador sobre cuáles características debe observarse. Para obtener la *U_usabilidadObservada* se solicita la valoración de los aspectos para cada uno de los criterios relacionados con la usabilidad de la interfaz. Para la auto-evidencia, *U_autoEvidencia* debe valorarse la presentación, en cuanto a la redacción y presentación de los contenidos del material especialmente relacionados con los conceptos definidos. El desarrollador la valora como “bastante clara”. Para la cantidad y severidad de errores, *U_cantidadError* se le pide su valoración sobre la cantidad de errores que ha encontrado en la interacción con la interfaz del material y la severidad, las que considera como “muy pocos errores” y de “poca relevancia”.

Se le solicita además estimar el tiempo que le tomó familiarizarse con el material, *U_tiempoFam*, para ello el algoritmo utiliza como tiempo de referencia, de acuerdo con el meta-modelo, un tercio valor del tiempo estimado para alcanzar los objetivos. En este caso serían 2 horas puesto que para *P_esfuerzoEstimado* el valor de *duracionEsf* =6 horas. Si valoración es que le ha tomado “poco tiempo” es decir, menos de 2 horas.

Otro criterio a valorar es la consistencia de la presentación, en el que debe analizarse si existe consistencia en la presentación de elementos similares y si se diferencia de forma uniforme aquellos que no son similares. Para ambos casos, el desarrollador las evalúa como “bastante consistente”. Por último se le pide que valore

el criterio sobre la facilidad en el uso del material, respecto a la interacción y la forma de navegar por su estructura. Para el primer aspecto el desarrollador decide que los mecanismos de interacción son “bastante adecuados” y que la navegación se hace “bastante fácil”.

Estos valores son usados por el paso V del algoritmo de evaluación para calcular la Relevancia respecto a la Usabilidad, que resulta en un valor de “bastante relevante”, por lo que en este caso no se proponen recomendaciones para el re-diseño.

En esta situación no se realiza la evaluación colectiva, por lo que se transfiere al mecanismo de generación de anotaciones semánticas la información sobre la evaluación que incluye los valores de calidad y usabilidad observados correspondientes a los valores de las instancias *C_utilidad* y *U_usabilidadObservada*; los aspectos valorados, los valores de los umbrales de calidad y usabilidad; que hace falta rediseñar el material y las recomendaciones de diseño propuestas para cada la mejorar la utilidad pedagógica. A partir de este momento, el mecanismo de soporte al rediseño del paso Evaluación se encarga de reiniciar el desarrollo en la etapa de selección tomando en cuenta las recomendaciones propuestas, en las que el desarrollador crea recursos de contenidos que se ajustan a la temática y a los objetivos especificados. A partir de este momento se sigue el mismo procedimiento para la composición y al llegar a la evaluación se pide valorar nuevamente los aspectos relacionados con la utilidad pedagógica, que en este caso, resulta en valores de bastante relacionado para ambos aspectos, por lo que se concluye la evaluación individual.

Para concluir el desarrollo y de manera transparente para el desarrollador, el paso Generación de anotaciones semánticas se encarga de crear las anotaciones y almacena el material obtenido en el repositorio. Estas anotaciones se van realizando a lo largo de todo el proceso de desarrollo, recopilando los datos sobre las descripciones del material, resultado del paso ER y la información sobre las razones de desarrollo de los pasos Selección de recursos, Composición y Evaluación. Como consecuencia, al concluir la evaluación, se dispone de los valores para poder crear los ficheros de anotación que describir el material y de las razones de desarrollo (*development rationales*). En el ejemplo del Anexo 3 se refleja un fichero *developmentrationales.xml* con información muy similar a la del proceso descrito en este ejemplo. Gracias a la disponibilidad de estos descriptores se puede almacenar el material obtenido en el repositorio, asegurando que pueda ser localizado, recuperado y reutilizado o versionado en aquellas situaciones de desarrollo con similares requisitos.

5.3 Resumen del Capítulo

En este capítulo se ha presentado el método MD2 uno de los elementos más importante del marco de desarrollo que proponemos como solución a la problemática actual del desarrollo de materiales didácticos.

El método MD2 está compuesto por 5 pasos: Entrada de requisitos, Paso Selección de recursos, Composición, Evaluación y Generación de anotaciones semánticas. Estos pasos utilizan las respuestas de los desarrolladores a un conjunto de preguntas sobre los requerimientos del material para intentar ofrecer soluciones a las diferentes etapas del desarrollo. Para lograr este objetivo se ha elegido un conjunto mínimo de elementos de las diferentes vistas del meta-modelo MD2, que permiten describir de forma general los requisitos del material y establecer las correspondencias necesarias para obtener una estructura del material acorde con las especificaciones y estándares *e-Learning*. De manera que el desarrollador no tendrá necesidad de conocer los detalles de las especificaciones y estándares *e-Learning* para poder desarrollar materiales conformes a ellos. Los algoritmos definidos para los pasos del método MD2 permiten definir guías y mecanismos pueden ayudar a los desarrolladores (expertos o novatos) en la elección de cuál es el procedimiento que deben seguir durante la etapa de selección de acuerdo con sus necesidades específicas; guías y mecanismos para la agregación e integración de los recursos en la estructura del material durante la etapa de composición; mecanismos que permiten llevar a término la evaluación del material obtenido en relación con su utilidad pedagógica y la usabilidad de su interfaz, además de facilitar las labores de rediseño en aquellos casos en que dichas cualidades no sean las adecuadas para que el material sirva de soporte efectivo a un determinado proceso educativo. Además se asegura el potencial de reutilización del material, no solo desde la forma en que se define la composición sino también en el paso de Generación de anotaciones semánticas que permite añadir información de carácter semántico al material creado para permitir su localización, recuperación; así como la creación del paquete de distribución del material conforme con la especificación IMS CP, que permitirá la interoperabilidad del material entre sistemas heterogéneos conformes con la especificación.

Para el paso Entrada de requisitos (ER) se ha diseñado un algoritmo que permite recopilar información sobre las necesidades del desarrollo. Este incluye un conjunto de 11 preguntas y su presentación al desarrollador sigue un orden lógico, de acuerdo con las relaciones entre las vistas DC, P, S y C-U del meta-modelo. El algoritmo se encarga de verificar la validez de los valores seleccionados por el desarrollador, además de controlar que se cumplan las relaciones definidas en el meta-modelo para los elementos elegidos. De esta forma facilitará al resto de los pasos del método la

información necesaria para que se pueda guiar y ofrecer soluciones a las diferentes etapas del desarrollo, como se explica a continuación.

La etapa selección en el desarrollo de los materiales, tiene como meta localizar, recuperar o crear aquellos recursos o contenidos más apropiados para el desarrollo del material de acuerdo con los requisitos especificados sobre el dominio del conocimiento, de carácter pedagógico y técnico. El algoritmo definido para el paso Selección de Recursos del método MD2 recomienda un procedimiento para llevar a cabo la etapa de selección, propone localizar, recuperar recursos de contenidos de repositorios ya sean locales o externos y en caso de que no sea posible recuperarlos, facilita los medios para crear los recursos ya sea modificando aquellos que tienen características semejantes o creando desde cero nuevos recursos. El algoritmo se basa en dos elementos: la generación de filtros y los mecanismos de edición. El primero utiliza la información recopilada en el paso ER y las restricciones y axiomas definidos en el meta-modelo MD2 para hacer las consultas a los repositorios. Mientras el segundo, usa la información recopilada relacionada con el tipo de material a crear, la información del atributo Componentes de *P_tipoMaterial* y las correspondencias definidas para *S_elementosEstandar* en el meta-modelo MD2 en las que se especifica a cuál elemento del modelo de información deben asociarse los recursos de contenidos para configurar las facilidades de edición. De forma que se puede presentar un editor basado en los mecanismos de edición de componentes para que se puedan incluir los recursos (imágenes, texto, animaciones, audio, etc) y crear o modificar los contenidos del componente deseado (páginas, preguntas o actividades) con los requisitos pedagógicos especificados sin necesidad de conocer los detalles de la especificación o estándar correspondiente.

Por su parte, el objetivo de la etapa de composición del desarrollo es la integración de los recursos de contenidos en una determinada estructura de presentación y entrega, asegurando que el producto de esta integración cumpla con ciertos requisitos previamente establecidos. Para que el paso Composición del método pueda ofrecer soporte a esta etapa, se han definido un conjunto de plantillas de presentación y entrega; los algoritmos para una guía que permita seleccionar cuál es la plantilla más apropiada para los requisitos especificados, para mecanismos que permiten completar y editar cada uno de los elementos de las plantillas y para un mecanismo que permite la integración o agregación de los recursos de contenidos y la estrategia pedagógica en la estructura de presentación y entrega definida por la plantilla seleccionada. Las plantillas de presentación y entrega se han diseñado a partir de las relaciones definidas en el meta-modelo para el elemento *S_elementosEstandar* que incluyen las correspondencias con descriptores de presentación y entrega de las especificaciones IMS LD, IMS QTI e IMS CP con los elementos del meta-modelo cuyos valores han sido obtenidos por el paso ER. El algoritmo definido para la guía para la selección de la plantilla más apropiada utiliza la información de estas relaciones para elegir la

estructura de presentación que mejor se ajusta a los requisitos pedagógicos y de soporte tecnológico, de manera que el desarrollador no tendrá necesidad de conocer los detalles de la especificación o estándar *e-Learning* más conveniente para poder llevar a término la etapa de composición del desarrollo. Por último y no menos importante gracias a la concepción de composición a través del uso de plantillas editables, a las que se acoplan los contenidos es posible separar la presentación del material, del diseño de sus contenidos y del diseño instructivo de forma que se potencia el carácter reutilizable del material.

La etapa de evaluación dentro del desarrollo tiene como meta controlar si las propiedades del material obtenido satisfacen los requisitos planteados y las expectativas del desarrollador al servir de soporte efectivo a un determinado proceso educativo. Para facilitar la ejecución de esta etapa, el paso Evaluación del método se ha diseñado a partir de los algoritmos para los mecanismos de evaluación y de soporte al rediseño que permiten llevar a término la evaluación de la utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz del material. El algoritmo definido para la evaluación propone inspeccionar estos objetivos a través del uso de los criterios, aspectos, medidas y reglas definidas en la vista C-U del meta-modelo que permiten controlar y comprobar las propiedades del material didáctico en relación con los mencionados objetivos de evaluación. Este algoritmo se encarga además de procesar la información de la valoración de los diferentes criterios y de obtener la relevancia del material respecto a los objetivos, de forma que proporciona al desarrollador información sobre capacidad del material para servir como apoyo efectivo de un determinado proceso educativo. Para los casos en que se comprueba que el material no cumple con los requisitos mínimos de utilidad pedagógica y usabilidad de la interfaz, se define un algoritmo para mecanismos de soporte al rediseño, que utiliza las recomendaciones de rediseño definidas por el meta-modelo y permite la nueva ejecución de las otras etapas de desarrollo para intentar obtener un material con las capacidades deseadas. El algoritmo también define la realización de evaluaciones de carácter colectivo de manera que otros especialistas certifiquen la capacidad del material como soporte efectivo a un proceso educativo específico.

Por último, el paso Generación de anotaciones semánticas del método se realiza de manera transparente para el desarrollador, aliviándole de las dificultades de generar las anotaciones semánticas manualmente y permitiendo además asegurar el potencial de reutilización del material desarrollado. Para asegurar dicho potencial se ha diseñado un algoritmo que permite crear anotaciones semánticas extendidas, es decir, anotaciones sobre las características del material y sobre las razones de la ejecución de cada una de las etapas de su desarrollo (*development rationales*), además de definir la forma de empaquetar el material obtenido y su almacenamiento en el repositorio.

En relación con la forma de empaquetamiento para la distribución del material, se han seguido indicaciones derivadas de relaciones definidas en el meta-modelo para el

elemento *S_elementoEstandar* sobre las correspondencias con descriptores de presentación del modelo de información IMS CP, de forma que para cualquier tipo de material desarrollado utilizando el método MD2 se asegura su capacidad de ser utilizado por y ejecutado en sistemas heterogéneos que cumplan con la especificación IMS CP.

En el capítulo 7 Evaluación se describen las pruebas realizadas con el objetivo de validar la certeza y validez del método presentado en este capítulo como guía para el desarrollo.

Capítulo 6 Solución: Definición de la arquitectura de la herramienta de autoría

6.1 Introducción

Este es el último capítulo de la serie de tres capítulos dedicados a explicar en profundidad la solución que nuestra hipótesis de trabajo propone a la problemática del soporte al desarrollo de materiales. En este capítulo se presenta el diseño de la arquitectura para una herramienta de desarrollo de carácter generativo, que permite implementar el marco conceptual para el desarrollo formado por el modelo MD2, que describe las características fundamentales sobre los componentes del material, los requisitos para su desarrollo y para el control de su calidad vista como su utilidad pedagógica y la usabilidad de su interfaz y por el método MD2, que utilizando la información proporcionada por los elementos definidos por el meta-modelo MD2, define guías y mecanismos para ayudar al desarrollador a través de las diferentes etapas del desarrollo: selección, composición y evaluación.

En las siguientes secciones se presenta detalladamente la arquitectura de la herramienta compuesta por módulos que implementan cada uno de los mecanismos y algoritmos definidos por los diferentes pasos del método MD2 y que fueron especificados en el capítulo anterior.

6.2 Definición de la arquitectura

De acuerdo con la metodología utilizada para esta investigación y presentada en el Capítulo 1, nuestra hipótesis de trabajo debe ser la base de una solución susceptible a ser evaluada cualitativa y empíricamente. Por consiguiente, se definió como uno de los objetivos de nuestra solución, el diseño de la arquitectura para una herramienta de autoría, de naturaleza generativa, basada en el marco conceptual definido por el meta-modelo MD2 y el método de desarrollo MD2.

Las herramientas generativas se caracterizan por la utilización del modelado de familias de sistemas software para la obtención automática o semi-automática de los componentes de uno o más elementos de estas familias [27]. En nuestro caso, las familias son conjuntos de materiales didácticos que tienen en común un grupo de requisitos sobre sus contenidos o sobre sus estrategias pedagógicas. Las herramientas generativas partiendo de la especificación de unos requisitos particulares, como los requisitos de soporte tecnológico, pedagógicos o del dominio de conocimiento permiten la creación automática o semi-automática de algunos o todos componentes de un

miembro de la familia de materiales. Para alcanzar estos objetivos nos hemos basado en experiencias anteriores de otras áreas de aplicación que utilizan lógicas de descripción como herramientas de modelado y como solución a problemas de configuración, cuyo funcionamiento se describe en el Anexo 1. Conforme con ello, la idea es que los usuarios de la herramienta de autoría de carácter generativo puedan especificar los requisitos del material con un alto grado de abstracción sin necesidad de conocer los detalles de los estándares y su implementación; y la herramienta, utilizando la información del modelo, guiada por el método sea capaz de inferir los detalles de más bajo nivel del diseño del material, permitiendo configurar y ensamblar los componentes del material en tiempo de ejecución o entrega, además de generar las debidas anotaciones semánticas que incluyen elementos del modelo como descriptores del material y la razones de su desarrollo, favoreciendo su localización y futura reutilización. A través de esta herramienta también se comprobará la utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz del material obtenido a partir de la valoración de la completitud, coherencia, exactitud de sus contenidos para el primer objetivo así como la facilidad de uso, la auto-evidencia, el tiempo de familiarización y la cantidad-severidad de errores durante la interacción para el segundo. Dichas valoraciones determinarán la capacidad del material para “soportar-apoyar” la consecución exitosa de los objetivos de aprendizaje de un proceso educativo. Además, la herramienta permitirá facilitar al desarrollador recomendaciones para el re-diseño del material, para lograr que el material tenga valores aceptables de utilidad pedagógica y usabilidad de su interfaz y pueda servir como soporte efectivo al proceso educativo.

En la Figura 6.1 se muestra la arquitectura general de una herramienta de autoría que cumple con las características antes explicadas y que hemos denominado MD2tool. Esta arquitectura está compuesta por un conjunto de módulos que se encargan de la implementación de cada uno de los mecanismos definidos por el método MD2 y que permiten ofrecer soporte a las diferentes etapas del desarrollo. Estos módulos son los siguientes:

- Motor de inferencias.
- Importador de Ontologías de Dominio.
- Selección: Motor de búsqueda y selección. Editor de recursos.
- Composición: Motor de visualización y entrega.
- Evaluación: Gestor para el re-diseño.
- Generación de anotaciones semánticas.

El Módulo del motor de inferencias permite implementar el paso Entrada de requisitos del método MD2 y gracias a su funcionamiento, el resto de los módulos de la arquitectura pueden disponer de la información de los elementos definidos en el meta-modelo MD2 para ofrecer soporte a las diferentes etapas del desarrollo. Con el objetivo de no recargar demasiado la representación de la arquitectura general de la

herramienta en la Figura 6.1 se ha omitido el Módulo del motor de inferencia, pero éste si aparece en las Figuras 6.2 y 6.3 que muestran la arquitectura en detalles, la interacción entre los diferentes módulos y el diagrama de secuencias de la arquitectura. Otras de las consideraciones asumidas en la figura son representar el módulo de Selección a través de sus componentes: Motor de búsqueda y selección, y Edición/Selección. Por su parte el módulo de Composición, se ha representado por los componentes Composición y Motor de visualización y entrega. Mientras el que módulo de Evaluación se representa acompañado por el componente Gestor de rediseño y por último, el módulo de Generación de anotaciones semánticas aparece presentado sólo como Anotaciones.

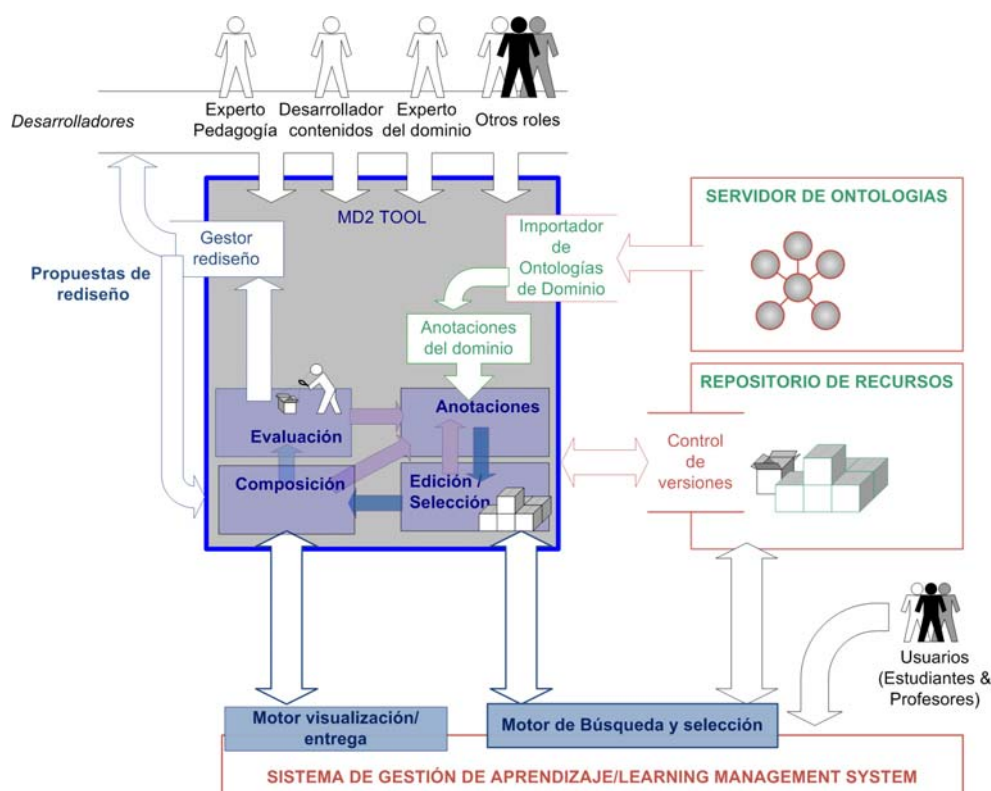


Figura. 6. 1. Arquitectura general de la herramienta MD2tool

Como se aprecia en la Figura 6.1 los módulos que componen la arquitectura se relacionan con un grupo de módulos externos que facilitan el almacenamiento, manipulación de información relativa al material y uso del material creado por la herramienta. Entre ellos, el Repositorio de Materiales permite la localización y recuperación de recursos de contenidos que podrían utilizarse para el desarrollo del material, así como el almacenamiento del material creado y de sus anotaciones semánticas. El servidor (o servidores) de Ontologías de dominio facilita la información sobre los diferentes dominios de conocimiento, que serán o son susceptibles de servir de base a los procesos educativos en los que se utilizará el material creado. Mientras que el Sistema de Gestión de Aprendizaje (*Learning Management System*, LMS) junto al

motor de visualización y entrega permitirá la ejecución, presentación del material y la interacción de los participantes durante la realización del proceso educativo.

En los siguientes apartados de este capítulo se presenta en profundidad las funcionalidades de cada uno de los módulos que componen la arquitectura propuesta para la herramienta de autoría MD2tool. Con el ánimo de facilitar la comprensión del funcionamiento y la interacción entre los diferentes módulos, se ha intercambiado el orden de presentación de los módulos Importador de Ontologías del dominio y el módulo del Motor de inferencias, para el resto de los módulos se sigue el orden establecido por el método MD2 y que se ha usado en la presentación previa de los módulos. Además, en aras de lograr dicho objetivo y para explicar los detalles de cada uno de los módulos de la arquitectura, nos auxiliaremos de las Figuras 6.2 y 6.3.

En la Figura 6.2 se presentan los detalles de los diferentes módulos de la arquitectura propuesta, éstos se han agrupado en áreas que se corresponden con los pasos del método MD2: Entrada de requisitos, Selección de recursos, Composición, Evaluación y Generación de anotaciones semánticas. La idea de esta imagen es mostrar como funcionan, interactúan y la información que intercambian los diferentes módulos de la arquitectura, siguiendo el orden definido en el método para dar soporte al desarrollo del material. Para ello se han utilizado colores para representar los diferentes tipos de flujos de información. Así, para cada uno de los módulos en los que es necesaria la intervención del desarrollador, se ha representado la necesidad de interfaces de usuario a través de una combinación de cuadrados rojos y azul. Consecuente con ello, se muestra en rojo el flujo de información que representa interacciones con el desarrollador, es decir, las solicitudes y entradas de datos provenientes de las respuestas del usuario a las preguntas del paso ER del método, sus posibles intervenciones en cada una de las etapas y la utilización del material creado como resultado del desarrollo. El flujo de información entre los módulos que dan soporte a cada etapa del desarrollo y de los resultados de cada uno de ellas se ha representado en gris. Mientras que los relacionados con datos sobre las características del material y de la ejecución de cada etapa para utilizados por el módulo Generación de anotaciones semánticas se presentan como los flujos en azul. Por último, la información para el re-diseño del material cuando resultado de la evaluación no es satisfactorio y que es facilitada por el módulo Gestor de rediseño se ha mostrado a través de los flujos de color verde.

Por su parte, en la Figura 6.3 se muestra la secuencia en que se ejecutan las acciones definidas para cada uno de a los diferentes módulos que componen la arquitectura de la herramienta MD2tool y que siguen el orden definido por el método MD2 como guía para el desarrollo de un material en la secuencia más simple, puesto que no se ha representado el ciclo de rediseño con las correspondientes ejecuciones de las diferentes etapas.

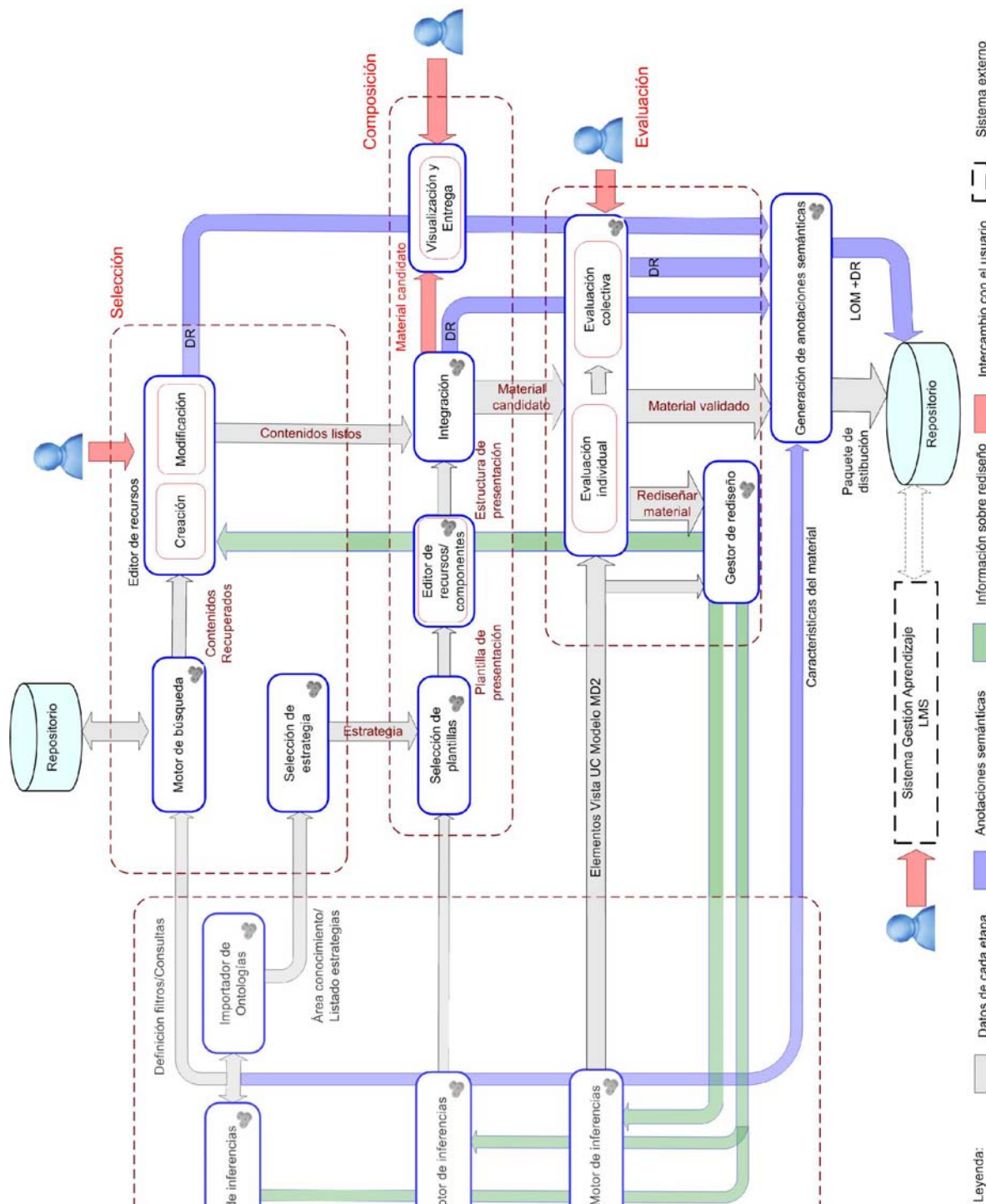


Figura 6.2. Detalles de la Arquitectura de la herramienta MD2tool.

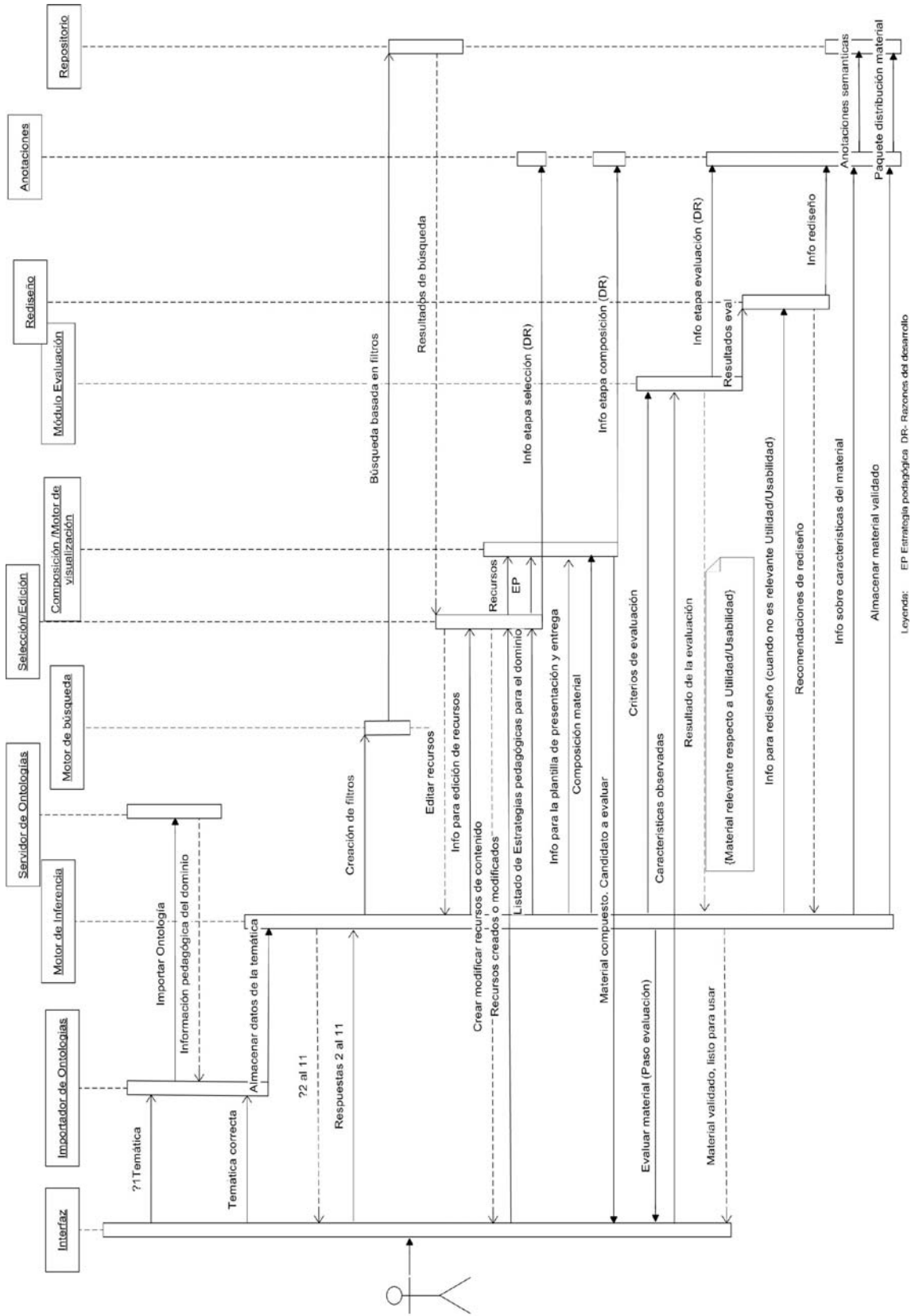


Figura 6.3. Diagrama de secuencia del desarrollo de un material didáctico utilizando MD2tool.

6.2.1 Módulo Importador de Ontologías de Dominio

El Módulo Importador de Ontologías de Dominio es el encargado de proveer a los diferentes módulos de la herramienta con la información pedagógica de carácter general sobre el dominio de conocimiento sobre el que versaran los contenidos del material didáctico. Este módulo tiene un papel esencial para la implementación del paso ER del método de desarrollo puesto que facilita la información base para poder asignar valores para cada uno de los elementos descriptores de la vista DC del modelo MD2. Así, una vez que tiene información sobre el nombre del dominio de conocimiento, es responsable de comprobar que el tema proporcionado por el desarrollador es válido dentro de la Ontología del dominio especificado y se encarga de procesar la siguiente información pedagógica del dominio:

- Nombre del tema, que podrá almacenarse en el elemento del modelo *DC_nombreTema*
- Características del tema o disciplina objeto del aprendizaje, que incluyen las relaciones del tema con otras temáticas del dominio de conocimiento. Esta información una vez que el usuario (desarrollador) confirme que se corresponde con sus requerimientos podrá almacenarse como instancia del elemento *DC_disciplina*.
- Tipo de objetivos educativos (competencias, habilidades cognitivas, actitudes) que podrían desarrollarse durante el proceso educativo que basado en la temática elegida. Esta información será procesada de forma que pueda almacenarse en la instancia del elemento *DC_listadoCompetencias*.
- Tiempo estimado que es necesario para alcanzar los objetivos educativos definidos. Esta información será procesada de forma que pueda almacenarse en la instancia del elemento *DC_tiempoEstimado*.
- Durabilidad del tema que define el grado de evolución o variabilidad a lo largo del tiempo del tema, empleado para controlar el posible carácter reutilizable de los contenidos basados en dicho tema. Esta información será procesada de forma que pueda almacenarse en la instancia del elemento *DC_durabilidad*.

Los datos proporcionados por el módulo Importador de Ontologías servirán a los mecanismos del Motor de inferencias de la herramienta para facilitar la ejecución de la solicitud de información basada en las preguntas del 2 al 11, definida por el algoritmo del paso ER del método, para poder asignar y controlar los valores de los de elementos del resto de las vistas del modelo MD2 relacionados con la vista DC y que describirán las características del material. Además, gracias a la información recuperada por el módulo Importador de Ontologías, el Módulo de evaluación podrá comprobar si los aspectos a considerar para la valoración de la utilidad pedagógica, como descriptor de

calidad, se encuentran dentro de los límites permisibles durante la ejecución de la etapa de evaluación.

En la Figura 6.2 se representa la interacción de este módulo con el Motor de inferencias y con los componentes del Módulo de selección encargados de la selección de recursos de contenidos y de la estrategia pedagógica más adecuada a los requisitos especificados. Como se muestra en el diagrama de secuencias presentado en la Figura 6.3, los datos de entrada para este módulo incluyen la información del proporcionada por la respuesta 1 del paso ER del método y los datos de salida, que se transfieren al Motor de inferencia, son los valores para los elementos de la vista DC del modelo MD2 que describen las características del material que se está desarrollando.

6.2.2 Motor de inferencias

El Motor de inferencias permite la implementación del paso ER del método, sus funciones principales son recopilar la información sobre las características del material y sus requisitos de desarrollo; comprobar que no existan contradicciones entre dicha información y las definiciones de los elementos elegidos del meta-modelo MD2, para éstos tomen valor y sea posible realizar las inferencias necesarias para dar soporte a las diferentes etapas del desarrollo y además, se encarga de realizar tales inferencias.

Los mecanismos de inferencia incluidos en este motor utilizan los datos suministrados por el usuario (desarrollador) en sus respuestas a las preguntas del 2 al 11 del paso ER para asignar valores a los elementos del modelo MD2 que representan sus necesidades y/o requisitos para desarrollar el material y que servirán como información base para realizar las inferencias que permiten ofrecer guías para la realización de las etapas del desarrollo: selección, composición. Estos mecanismos además, facilitan información sobre los criterios y aspectos a evaluar del material para que sea posible la implementación del Módulo de evaluación y la ejecución del paso II del algoritmo del paso homónimo del método MD2: ofreciendo los medios que permitan al desarrollador realizar las comprobaciones acerca de las características del material, además de realizar las inferencias necesarias para proveer al Gestor de rediseño con las recomendaciones necesarias para aquellos casos en que la utilidad pedagógica y la usabilidad observada de la interfaz no tengan valores que permitan al material servir de soporte al proceso educativo.

Como se muestra en el diagrama de secuencias presentado en la Figura 6.3, los datos de entrada para este módulo es la información recopilada a partir de las respuestas 2 al 11 del desarrollador al paso ER del método. Los datos de salida este módulo son los valores de los elementos del modelo MD2 que serán utilizados para obtener la información para definir los filtros para que el Motor de búsqueda pueda encargarse de la selección de recursos de contenidos y para facilitar el listado de estrategias recomendadas para el dominio y sea posible elegir la estrategia pedagógica más

adecuada; los datos para que el Módulo de composición pueda seleccionar y definir la estructura de presentación y proceder a la integración de los componentes del material en dicha estructura. Además, otros datos de salida son los criterios a emplear para que el Módulo de evaluación pueda realizar la evaluación del material creado. En relación a ellos, el motor recibe los datos sobre los resultados de la relevancia del material basado en las valoraciones de las características del material ejecutadas por el módulo de Evaluación. En caso de que sea necesario porque el material no es relevante, otros datos de salida del Motor de inferencias son las recomendaciones necesarias para que el Gestor para el re-diseño pueda facilitar los medios para realizar las modificaciones pertinentes para mejorar la utilidad pedagógica o la interfaz del material de forma que el material pueda servir de soporte efectivo al proceso educativo. Por último, otro tipo de los datos de salida es la información sobre las características del material para que el Módulo de generación de anotaciones semánticas pueda crear las anotaciones conformes con IMS LRMI (IEEE LOM).

En relación con la etapa de selección, estos mecanismos están encargados de la definición de filtros de búsqueda basados en los elementos del modelo del material para que el Motor de búsqueda y selección pueda proceder a la localización y recuperación de materiales del Repositorio. Para este fin se utilizan las respuestas de las preguntas del 2 al 11 del paso ER y se implementa el paso I del algoritmo de selección definido en la sección 5.2.4. Además de acuerdo con el paso III del mismo algoritmo, estos mecanismos se encargan de realizar las inferencias necesarias para de acuerdo con el tipo de material a desarrollar, se pueda obtener el listado de estrategias pedagógicas más recomendadas para el dominio de conocimiento elegido. Para los casos en que el tipo de material a crear requiera de una estrategia pedagógica, los mecanismos de inferencia se encargan de crear el listado de estrategias más recomendadas de acuerdo con la definición del elemento *P_estrategia* en el meta-modelo, de facilitar dichos datos al módulo de selección para que pueda elegirse una estrategia.

Estos mecanismos utilizando la información suministrada por el usuario (desarrollador) durante las preguntas del 7 al 11 del paso ER, se encargan asignar valores a los correspondientes elementos descriptores de las vistas P y S del modelo. Así, teniendo en cuenta las definiciones del meta-modelo para las relaciones entre los elementos de las vistas DC, P y S se puede implantar la guía para la selección de una plantilla para la estructura de presentación del material definida en la sección 5.2.5.1, siendo posible realizar de forma transparente para desarrollador las correspondencias o *mappings* de los elementos del modelo con los elementos de las especificaciones o estándares *e-Learning* más adecuadas para la presentación y ejecución del material y se dispongan de las plantillas de la estructura de presentación de manera que el Módulo de composición pueda implementar los mecanismos para completar y editar las plantillas de presentación y logre la integración de los componentes del material

(contenidos y estrategia pedagógica) en la estructura de presentación definida por la plantilla, siguiendo los pasos de los algoritmos definidos en la sección 5.2.5.1. En caso de ser necesaria la edición de algún recurso de acuerdo con la información sobre el tipo del material y sus componentes, este módulo realiza las inferencias necesarias para que, como se explicó en la sección 5.2.4, los módulos de Edición de recursos dispongan de los datos y que sólo sea preciso introducir los cambios necesarios en los contenidos (nuevos o modificados) y en los elementos de la estructura de presentación definidos según la plantilla de presentación elegida. Además, son responsables de controlar la validez de los elementos incorporados al comprobará que los valores introducidos no entren en conflicto con los requisitos descritos según las respuestas a las preguntas del 1 al 11 del paso ER. En caso de contradicciones, se encarga de pedir al desarrollador cambiar el (o los) valor(es) introducido(s).

Otra de las funcionalidades de estos mecanismos será proveer al Módulo de evaluación que implementa el algoritmo de evaluación, definido en el apartado 5.2.6.1, con la información sobre los criterios a analizar para cada uno de los objetivos de evaluación y los correspondientes umbrales al módulo de evaluación de acuerdo con las definiciones de la vista C-U del meta-modelo. Una vez obtenidos los resultados de la evaluación, si el material no exhibe valores adecuados de utilidad pedagógica o usabilidad de la interfaz, los mecanismos del Motor de inferencias serán los responsables de proporcionar la información relacionada con las recomendaciones para que el Módulo gestor de re-diseño pueda ejecutar los correspondientes ciclos de re-diseño, tomando en cuenta las definiciones de cada uno de los elementos de la vista C-U del modelo MD2 y la definición del paso VII del mecanismo de evaluación definido en el apartado 5.2.6.2.

Además estos mecanismos están encargados de las inferencias relacionadas con los elementos de las vistas DC, P ,S de forma que sea posible realizar de forma transparente para desarrollador las correspondencias o *mappings* de los elementos del modelo con los elementos de las especificaciones o estándares *e-Learning* más adecuadas para describir las características del material de forma que el Módulo de generación de anotaciones semánticas pueda crear las anotaciones conformes con IMS LRMI (IEEE LOM) de acuerdo con el algoritmo definido en el apartado 5.2.7.

En las Figuras numeradas del 6.4 a 6.7 se muestra como se ha implementado la entrada de datos sobre los requisitos del desarrollo y propiedades del material a crear, que son utilizados el funcionamiento del Motor de inferencia en uno de los prototipos de la herramienta MD2tool.

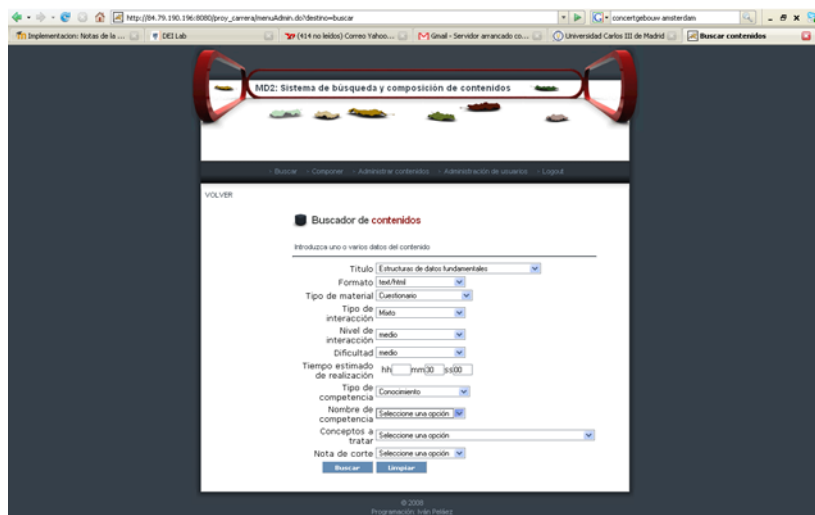


Figura. 6. 4. Prototipo de MD2tool: Implementación de Entrada de datos para el Motor de Inferencias y Módulo selección.

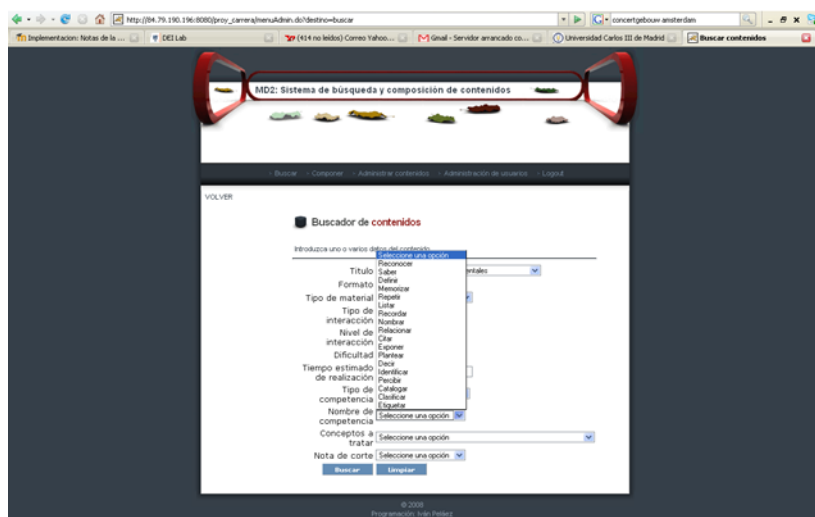


Figura. 6. 5. Prototipo de MD2tool: Implementación de Entrada de datos para el Motor de Inferencias y Módulo selección.

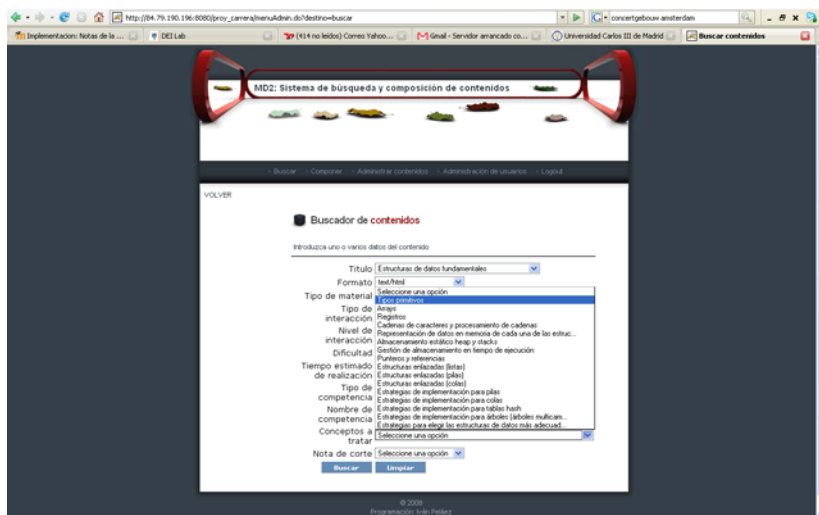


Figura. 6. 6. Prototipo de MD2tool: Implementación de Entrada de datos para el Motor de Inferencias y Módulo selección.

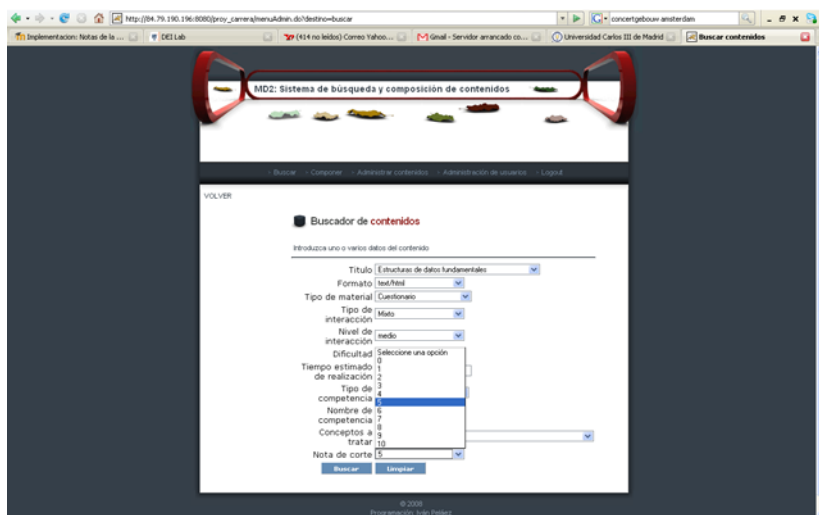


Figura. 6. 7. Prototipo de MD2tool: Implementación de Entrada de datos para el Motor de Inferencias y Módulo selección.

6.2.3 Módulo de selección

El Módulo de selección es el encargado de implementar el algoritmo definido en la sección 5.2.4 para el paso Selección de recursos del método MD2 y que tiene como objetivo guiar al desarrollador durante la etapa de selección para elegir los recursos de contenido y la estrategia pedagógica más apropiada para los requisitos especificados. Este módulo está compuesto por un Motor de búsqueda y selección y por los módulos Editor de recursos y Selección de la estrategia.

El Motor de búsqueda es el encargado de implementar el algoritmo que define al paso Selección de recursos y de realizar las diferentes consultas al Repositorio

utilizando los filtros creados por Motor de Inferencias para recuperar los recursos (contenidos o materiales) que mejor se ajustan a las necesidades del desarrollador, como se muestra en el diagrama de secuencias de la Figura 6.3. Los filtros son definiciones de consultas al Repositorio se realizan progresivamente, como se explicó en la sección 5.2.4. De acuerdo con ello al recuperar los elementos correspondientes a la última consulta, el motor de búsqueda obtendrá el conjunto de recursos de contenidos que probablemente serán los más adecuados.

Por su parte el módulo Editor de recursos, mostrado en la Figura 6.2, permite al desarrollador realizar las modificaciones convenientes en caso de que los recursos de contenidos no se ajusten a sus necesidades e incluso crear contenidos cuando el motor de búsqueda no obtenga resultados de las consultas a los Repositorios. Este módulo viene a ser el Editor de componentes que implementa el paso II del algoritmo de selección de recursos definido por el método y presentado en la sección 5.2.4. Este editor toma en consideración la información de las estructuras de presentación y entrega definidas por las diferentes plantillas, mostradas en las Figuras 5.2 a 5.5, de manera que conociendo los elementos del modelo de información en los que se pueden asociar contenidos, podrá pedir al desarrollador sólo los recursos necesarios para componer los contenidos que se asocian a los respectivos elementos de las plantillas. Gracias a ello, podrá presentar al desarrollador una interfaz web para editar componentes, incluir los recursos (imágenes, texto, animaciones, audio, etc) y crear los contenidos del componente deseado (páginas, preguntas o actividades) sin necesidad de conocer los detalles de la especificación o estándar correspondiente. Para las páginas, puede ser un editor HTML del tipo WYSIWG, en el que sólo es necesario introducir los recursos deseados para componer una página HTML sin necesidad de conocer HTML. Para las preguntas, se puede presentar al desarrollador un editor basado en formularios web, en el que los campos a completar son Pregunta, para el contenido de la pregunta en cuestión, que incluye un editor HTML similar al explicado previamente; Respuestas-Calificación, que de acuerdo con el tipo de pregunta elegido permite incluir los diferentes tipos de respuestas. Para las actividades, se puede presentar como un editor basado en formularios en el que los campos a completar son Descripción de la actividad, Participantes, Colaborativa y Contenidos. Los tres primeros se corresponden los atributos de igual nombre del elemento Actividad incluido en la definición de *P_estrategia* en el meta-modelo y se controlará que la información introducida para estos campos sean cadenas de texto que se correspondan con las definiciones de dichos atributos en el meta-modelo. Mientras que para el campo Contenidos se debe proporcionar un editor HTML semejante al previamente explicado para que el desarrollador pueda crear los recursos de contenidos necesarios (páginas o preguntas). En los casos en que se desee modificar algún componente o recursos de contenido, los mecanismos de edición de componentes en lugar de facilitar el correspondiente editor para completar sus diferentes campos del formulario, se

recuperará la información del componente para mostrar los datos de cada uno de sus campos con dicha información y el motor de inferencias se encargará de controlar que los nuevos valores introducidos no entren en conflicto con los requisitos descritos según las respuestas a las preguntas del 1 al 11 del paso ER. En tales casos, se le pedirá al desarrollador que cambie el valor introducido.

Como se muestra en la Figura 6.2, el módulo de Selección de la estrategia usa la información que le facilita el Motor de inferencias, en la que se ha considerado los datos sobre el dominio de conocimiento y que incluye el listado de las estrategias más recomendadas para dicho dominio. Éste módulo se encarga de facilitar dichos datos al desarrollador para que pueda elegir una estrategia y de transferir al Módulo de generación de anotaciones semánticas la información sobre la estrategia elegida.

En las Figuras 6.2 y 6.3 se muestra que el módulo de Selección, compuesto por el Motor de búsqueda y selección y los módulos Editor de recursos y Selección de estrategia, tiene como datos de entrada los filtros de búsqueda y la información sobre el listado de estrategias pedagógicas recomendadas para el dominio obtenidos por el motor de inferencias utilizando los elementos del modelo MD2 y los datos de salida, que se transfieren al módulo de Composición, son los recursos de contenidos recuperados o creados y en caso de que sea necesaria, la estrategia pedagógica que más se ajustan a los requisitos planteados. Además, facilita al módulo de generación de anotaciones semánticas la información sobre las razones de desarrollo relacionadas con la selección.

En la Figura 6.8 se presenta como se ha implementado el Módulo de selección en uno de los prototipos de la herramienta MD2tool y los resultados obtenidos en la etapa de selección tomando en consideración los requisitos definidos por el desarrollador en las interacciones mostradas en las Figuras numeradas del 6.4 al 6.7.

6.2.4 Módulo de composición

Este módulo se encarga de implementar el algoritmo de los mecanismos de integración definidos en el método MD2 para el paso Composición y presentado en la sección 5.2.5.3. De acuerdo con ello, está compuesto por los módulos de Selección de plantillas, Editor de componentes, Integración y Visualización/entrega. Su finalidad es facilitar la composición del material por medio de la integración de la estrategia pedagógica (cuando es necesaria) y los contenidos recuperados o creados durante la etapa de selección con la estructura de presentación del material, seleccionada a partir de la información de entrada proporcionada por el Motor de inferencia y mostrada en la Figura 6.2 como salida del módulo Selección de plantillas. Además de la visualización del producto obtenido de la integración.

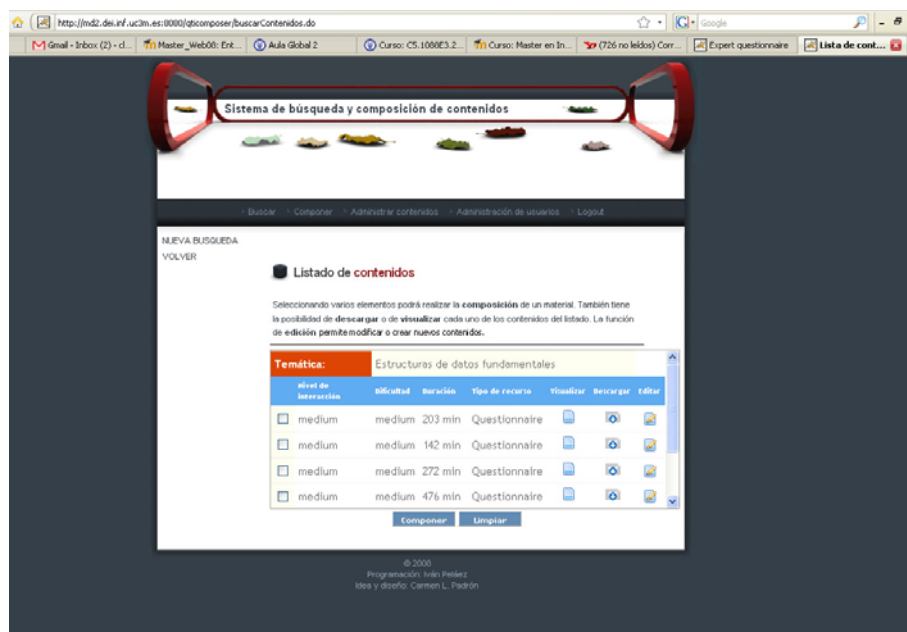


Figura. 6. 8. Prototipo de MD2tool: Implementación del módulo de selección. Resultados de la selección.

En los casos en que se desee modificar algún componente de la plantilla, el módulo Editor de componentes que implementa el paso III del algoritmo para completar y editar las plantillas de presentación y presentado en la sección 5.2.5.2, en lugar pedir que el desarrollador facilite los datos para los diferentes campos del formulario sobre el componente; recuperará la información de dicho componente para mostrarla en cada uno de los campos correspondientes, solicitará al desarrollador modificar los que considere necesario y el Motor de inferencias controlará que los nuevos valores introducidos no entren en conflicto con los requisitos descritos según las respuestas a las preguntas del 1 al 11 de ER. En tales condiciones se le pedirá al desarrollador cambiar el valor introducido.

La función del Módulo de visualización y entrega es facilitar la ejecución de la etapa de evaluación por medio de la interacción del desarrollador con el material y permitirle valorar si éste se corresponde con los requisitos especificados. Para ello, crea la presentación del material a partir del fichero XML obtenido en la integración, interpretando la información sobre cada uno de los elementos de la plantilla de presentación conforme con el modelo de información de la especificación o estándar *e-Learning* elegido para generar las diferentes partes de su interfaz de usuario, definir sus funcionalidades y comportamiento.

En las Figura 6.2 y 6.3 se muestran los diferentes elementos que componen el Módulo de Composición y los flujos de información que intercambian con el resto de módulos de la arquitectura. Los datos de entrada son los contenidos recuperados o creados durante la etapa de selección, la estrategia pedagógica a utilizar, la información proporcionada por el Motor de inferencia para seleccionar y editar la plantilla de presentación. Mientras que los datos de salida son la visualización del material para la

interacción del desarrollador, previa a la realización de la evaluación y la información sobre las razones de desarrollo de esta etapa al Módulo de generación de anotaciones semánticas.

En las Figuras 6.9, 6.10 se presenta como se ha implementado el Módulo de composición en uno de los prototipos de la herramienta MD2tool. En este prototipo, como se muestra en la Figura 6.9, el desarrollador una vez que obtiene un listado de los contenidos de preguntas que se ajustan a los requisitos previamente introducidos y mostrados en Figuras 6.3 a 6.7, procede a la composición de un material de evaluación basado en IMS QTI. En la Figura 6.10 se muestra la visualización del material obtenido a partir de la integración de los contenidos en la estructura de presentación definida por la plantilla basada en IMS QTI. Mientras que en la Figura 6.11 se presenta la posibilidad que ofrece el prototipo para descargar al paquete de distribución del contenido creado.

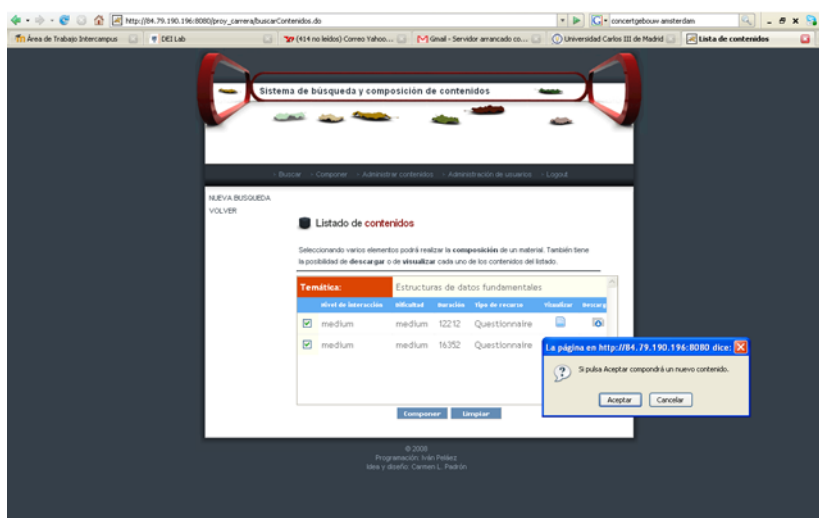


Figura. 6. 9. Prototipo de MD2tool: Implementación del módulo de composición.

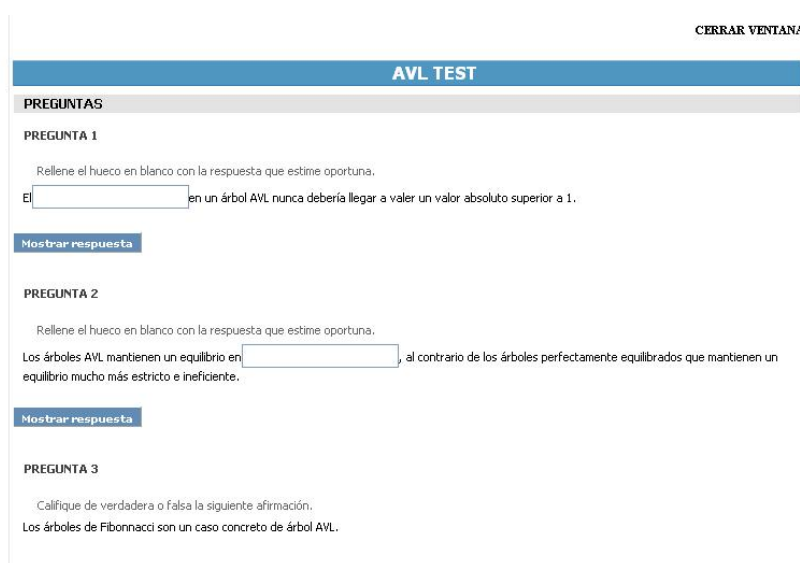


Figura. 6. 10. Prototipo de MD2tool: Implementación del módulo de composición. Visualización del material creado

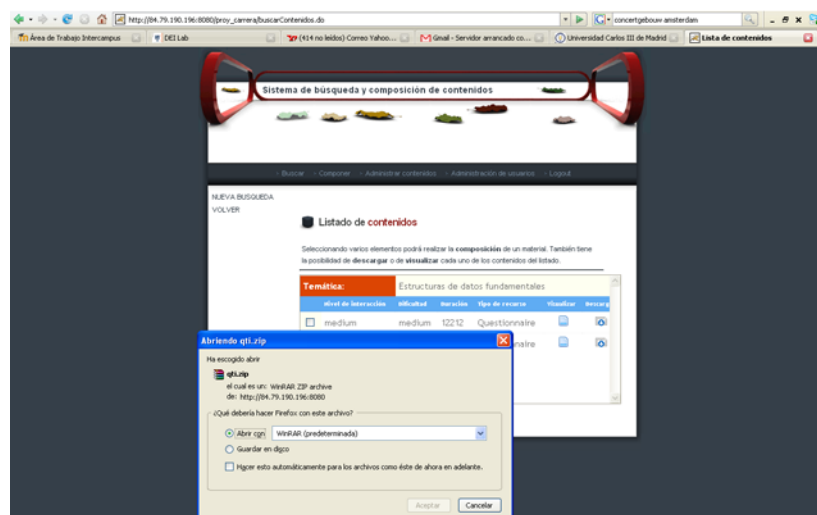


Figura. 6. 11. Prototipo de MD2tool: Implementación del módulo de composición. Resultado de composición.

6.2.5 Módulo de evaluación

Este módulo acompañado del componente Gestor de rediseño, es el encargado de implementar el mecanismo basado en el algoritmo de evaluación definido por el método y presentado en la sección 5.2.6.1. Su función fundamental es permitir el cálculo de la Relevancia del material respecto a la utilidad pedagógica y a la usabilidad de su interfaz a partir de la valoración del desarrollador (o el conjunto de expertos) de las características del material una vez que ha interactuado con él y tomando en consideración la información facilitada por el Motor de inferencias sobre los criterios y aspectos de evaluación definidos por la vista C-U del meta-modelo MD2.

Como se ha mostrado en la Figura 6.3, el Módulo de evaluación recibe los datos sobre los aspectos a valorar y criterios a evaluar para cada objetivo del Motor de inferencia y en los casos en que el resultado de la evaluación no sea favorable, proveerá al Módulo del Gestor para el rediseño con los datos sobre cuál de los objetivos: utilidad pedagógica o usabilidad no es relevante para que éste proceda al rediseño. Además, este módulo es responsable de facilitar datos sobre las razones de desarrollo de esta etapa al Módulo de generación de anotaciones semánticas como se ha presentado en las Figuras 6.2 y 6.3.

En la Figura 6.12 se presenta un prototipo de la implementación del módulo de evaluación de la herramienta de desarrollo denominado Eval-MD2tool. En esta Figura se presentan los resultados de la evaluación de un material basado en IMS LD, cada uno de los criterios valorados por el desarrollador para el objetivo utilidad pedagógica y se muestra un listado con las recomendaciones para el re-diseño con propuestas de modificación del material para que éste pueda tener un valor aceptable de utilidad pedagógica.

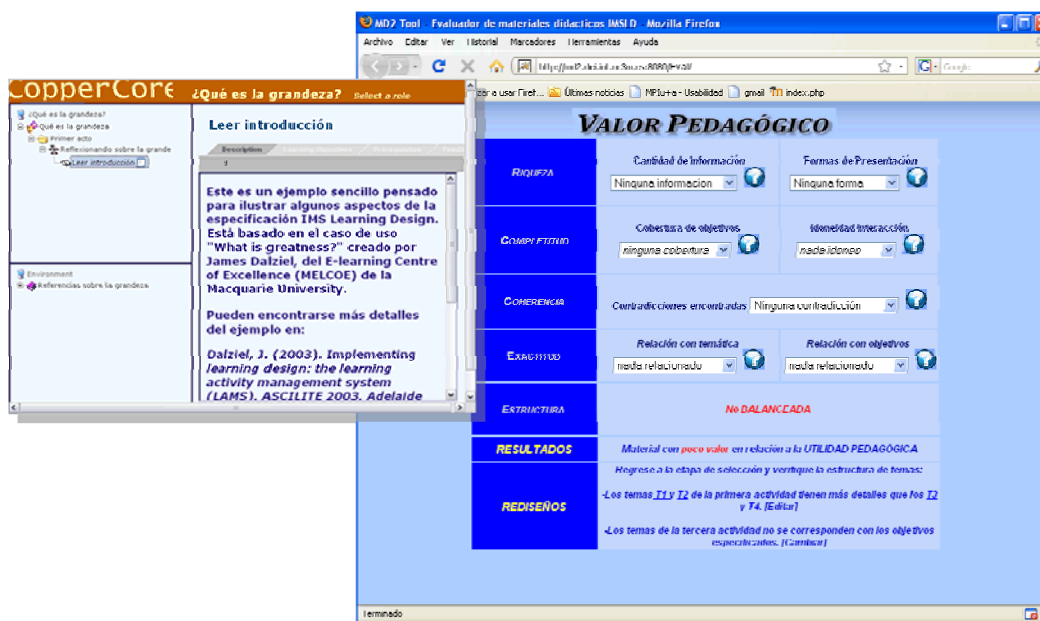


Figura. 6. 12. Prototipo de Eval-MD2tool: Implementación del módulo de evaluación. Resultados de evaluación.

El Gestor de rediseño como componente del Módulo de evaluación tiene como objetivo implementar el algoritmo definido para el mecanismo de soporte al rediseño, presentado en la sección 5.2.6.2. Como se muestra en la Figura 6.2 este módulo recibe los datos sobre la relevancia del material del Módulo de evaluación y la información necesaria para el rediseño sobre las acciones a realizar en las etapas del desarrollo y elementos a modificar o añadir del Motor de inferencias. En caso de ser necesario, el gestor permite mostrar las recomendaciones de re-diseño e implementa un conjunto de facilidades de edición que permiten la ejecución de las acciones correctivas propuestas por cada una de las recomendaciones de diseño como resultado de la evaluación y que afectan a las diferentes etapas del desarrollo. Además como se ha presentado en la Figura 6.3 este módulo proporciona al módulo de generación de anotaciones semánticas la información sobre las razones de desarrollo (*development rationales*) relacionados con cada una de las etapas del desarrollo ejecutadas durante el ciclo de re-diseño.

6.2.6 Módulo de generación de anotaciones semánticas

El Módulo de generación de anotaciones semánticas es el responsable de implementar el algoritmo que define el paso de igual nombre del método y que ha sido presentado en la sección 5.2.7. Una vez concluida la etapa de evaluación, éste es el módulo encargado de que se generen las anotaciones semánticas sobre las características del material y sobre las decisiones tomadas durante su desarrollo, de manera automatizada y transparente para el desarrollador. Además, crea el paquete de distribución del material y es responsable de la incorporación de la información

semántica al paquete creado y de su almacenamiento en el Repositorio. Como se muestra en la Figura 6.2, este módulo tiene como datos de salida el paquete de distribución del material y los dos ficheros de anotaciones semánticas, que se almacenan en el Repositorio. El primer fichero está relacionado con las características del material considerando la información de entrada facilitada por el Motor de inferencias relacionada con los elementos del modelo MD2 y sobre de las correspondencias de los elementos del modelo con la especificación IMSLRMI de acuerdo con las definiciones recogidas en la Tabla 5.1. Para la generación del segundo fichero se utilizan los datos transferidos por cada uno de los módulos de la arquitectura sobre las razones de desarrollo (*development rationales*) de cada una las etapas del desarrollo del material y la información del *XML schema* definido en el Anexo 3.

6.3 Resumen del capítulo

A modo de resumen, en este capítulo se ha presentado el diseño del tercer elemento que compone el marco de desarrollo propuesto como solución a la problemática actual del desarrollo de materiales didácticos: la arquitectura de la herramienta de autoría de carácter generativo denominada MD2tool. Dicha arquitectura está formada por un conjunto de módulos que utilizando la información proporcionada por los elementos definidos en el meta-modelo MD2, están encargados de la implementación de los algoritmos definidos para cada uno de los pasos del método MD2 para guiar y ofrecer soluciones a los problemas relacionados con cada una de las etapas del desarrollo y que aseguran que el material obtenido exhiba ciertas características deseables como el cumplimiento con determinadas especificaciones y estándares de *e-Learning*, la separación entre el diseño de los contenidos, de la estrategia pedagógica y de su presentación que aseguren el potencial carácter reutilizable del material y así como que éste tenga valores de utilidad pedagógica y usabilidad de su interfaz que le permitan ofrecer un soporte que garantice el logro de los objetivos de un determinado proceso educativo.

Los usuarios de esta herramienta pueden especificar los requisitos del material en un lenguaje natural, sin necesidad de conocer los detalles de los estándares o especificaciones *e-Learning* y de su implementación, y la herramienta utilizando la información del modelo, guiada por el método está capacitada para inferir los detalles de más bajo nivel del diseño del material, permitiendo configurar y ensamblar los componentes del material en tiempo de ejecución o entrega, además de generar las debidas anotaciones semánticas, que incluyen elementos del modelo como descriptores del material y la razones de su desarrollo, favoreciendo su localización y futura reutilización. A través de esta herramienta es posible comprobar la utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz, siendo éstos factores determinantes de la capacidad del

material para “soportar-apoyar” la consecución exitosa de los objetivos de aprendizaje de un proceso educativo. Además la herramienta facilita al desarrollador recomendaciones para el re-diseño del material, de manera que se logre que el material tenga valores aceptables de utilidad pedagógica y usabilidad de su interfaz y pueda servir como soporte efectivo al proceso educativo

En el próximo capítulo se describen las pruebas realizadas de acuerdo con los pasos 3 y 4 de la Metodología de investigación, presentada en el Capítulo 1, para comprobar la utilidad de la herramienta de autoría generativa, cuya arquitectura ha sido presentada en este capítulo.

Capítulo 7 Evaluación

7.1 Introducción

En este capítulo se presenta cómo se ha llevado a término la evaluación de la solución descrita en el presente trabajo de tesis. De acuerdo con los objetivos especificados en el Capítulo 3, se ha definido un modelo conceptual subyacente para una herramienta de soporte al desarrollo formado por el modelo MD2, el método de desarrollo MD2 y la arquitectura para la herramienta de autoría de carácter generativo. En este capítulo se describen las pruebas realizadas para valorar cada uno de estos objetivos y se analizan sus resultados.

En la Tabla 7.1 se presenta de manera resumida los identificadores de cada prueba, objetivos de la tesis valorados en la prueba y su relación con la hipótesis de trabajo planteada en la Sección 3.2. (Objetivos).

Tipo de pruebas	Identificador y objetivo de la prueba	Objetivos de la Tesis	Relación con la hipótesis
Conceptual	P1- Evaluación analítica de la solución	O1.1 Diseño del meta-modelo.	H1.1
		O1.2 Diseño del método de desarrollo	H1.2
		O1.3 Diseño de la arquitectura para la herramienta de autoría	H2
Empírica	P2- Valoración de la capacidad de descripción y clasificación del modelo definido.	O1.1 Diseño del meta-modelo.	H1.1
	P3- Valoración de la utilidad del método definido como guía para el desarrollo.	O1.2 Diseño del método de desarrollo	H1.2
		O1.1 Diseño del meta-modelo.	H1.1
	P4- Evaluación de expertos sobre la factibilidad de implementación y utilidad la solución.	O1.2 Diseño del método de desarrollo	H1.2
		O1.3 Diseño de la arquitectura para la herramienta de autoría	H2

Tabla 7.1. Resumen de las pruebas realizadas para la evaluación de la solución propuesta.

Puesto que la solución propuesta tiene dos ramas: una conceptual y otra de carácter empírico, la evaluación se ha dividido en dos tipos de pruebas como se muestra en la

Tabla 7.1. A continuación se presenta brevemente el conjunto de pruebas realizadas, sus objetivos particulares, escenarios, participantes y casos de estudios empleados en cada prueba.

- **Evaluación analítica de la solución propuesta (P1):** Esta evaluación se ha realizado por la autora de la solución y su objetivo ha sido realizar un análisis comparativo de las aportaciones de la solución respecto a las contribuciones de algunas de las soluciones actuales, presentadas en el Capítulo 2. Estado de la cuestión. En el análisis se tomando en cuenta un conjunto de criterios comparativos que describen los principales factores a considerar para poder resolver la problemática del soporte al desarrollo de materiales y que se han obtenido a partir de la interpretación de la definición de Murray en [88]
- **Valoración del modelo definido (P2):** En esta evaluación de carácter empírico se analizó la capacidad descriptiva, de clasificación y la generalidad del modelo MD2. Para estas pruebas en el escenario de evaluación se usó una Ontología educativa definida según el meta-modelo MD2 en formato OWL y el razonador *RACER* [46] para evaluar la consistencia del modelo, su carácter general y efectividad a la hora de clasificar de forma automática diferentes tipos de materiales didácticos. Los casos de estudio han sido diversos ejemplos de materiales de los cuales se conoce su tipo, por lo que se disponía de una referencia para controlar los resultados de las pruebas. Las pruebas realizadas perseguían dos fines: el primero comprobar si el modelo es consistente y capaz de describir los materiales adecuadamente y el segundo, verificar si el razonador podía clasificar los materiales correctamente utilizando la información del modelo. En estas pruebas de evaluación participó la autora de la solución y 2 expertos en el dominio de conocimiento sobre el que versan los materiales empleados.
- **Valoración de la utilidad del método para guiar el desarrollo (P3):** Esta evaluación, también de carácter empírico, tuvo como objetivo comprobar la capacidad del método para guiar el proceso de desarrollo y si éste facilitaba soluciones adecuadas en las diferentes etapas del desarrollo. En el escenario de evaluación se han utilizado la definición del método de desarrollo, implementaciones de prototipos de la herramienta basada en la solución propuesta: *UoLComposer* y *QTComposer* [97] y las herramientas de autoría *RELOAD*, *Sled* y *QTeditor* carentes de método de desarrollo y que fueron presentadas en el Capítulo Estado de la cuestión. Los casos de estudios fueron dos situaciones de creación de diferentes tipos de materiales. Los participantes eran individuos a los que se pedía desarrollar dichos materiales. Éstos individuos se clasificaron en dos tipos: profesionales tipo medio, es decir, aquellas personas

que poseían ciertos conocimientos sobre los estándares y especificaciones *e-Learning*, y tipo novel: aquellos que tenían contacto por primera vez con los estándares y especificaciones.

- Factibilidad de implementación del entorno o herramienta de autoría propuesto y valoración de la utilidad de la solución (P4): Esta evaluación tuvo como objetivo el análisis por parte de un conjunto de expertos de las características de la solución para valorar su utilidad y la factibilidad de implementación de un entorno de autoría basado en el marco de desarrollo propuesto con especial énfasis en el soporte a la etapa de evaluación. En el escenario de evaluación se utilizó un resumen en inglés de los Capítulos 4, 5, 6 acompañado de un caso de estudio basado en el ejemplo de desarrollo presentado en el Capítulo 5 y los participantes fueron profesionales expertos en Tecnologías educativas, Ingeniería del Software, Educación y otras áreas relacionadas.

En las siguientes secciones del capítulo se proporciona una descripción más detallada de cada una de las pruebas de evaluación realizadas y el análisis de sus resultados.

7.2 Evaluación analítica de la solución propuesta (P1)

La prueba de la evaluación (P1) se ha realizado a partir de un análisis comparativo de las características y aportaciones de la solución propuesta por este trabajo respecto a las soluciones basadas en modelos, presentadas en el Capítulo 2 (Estado de la Cuestión). En el Capítulo 3 (Planteamiento del problema) se analizaron estas soluciones tomando en consideración un conjunto de criterios comparativos que describen los factores a considerar para que una herramienta de autoría pueda ofrecer un soporte efectivo al desarrollo de acuerdo con la interpretación de la definición de Murray en [88]. Estos criterios son los siguientes:

1. Existencia de alguna descripción o representación de los principales componentes del material didáctico: contenidos y estrategia pedagógica.
2. Presencia de información pedagógica sobre el dominio de conocimiento.
3. Soporte de los estándares y especificaciones *e-Learning* dentro del proceso de desarrollo y sus productos (material didáctico obtenido)
4. Existencia de soporte para las diferentes etapas del proceso de desarrollo y los mecanismos utilizados en caso de que exista tal soporte.
5. Soporte para las anotaciones semánticas.
6. Presencia de alguna información relacionada con las razones o justificaciones de desarrollo (*development rationales*).
7. Carácter reutilizable del material obtenido. ¿De cuál de los componentes del material depende?

En la Tabla 7.2 se recoge un extracto de las contribuciones de cada uno de las soluciones analizadas. En ella se han señalado las contribuciones más importantes de cada solución para cada criterio y que han tenido alguna influencia en la definición de nuestra solución MD2. Las soluciones analizadas que se comparan con MD2 proporcionan respuestas parciales a los problemas del soporte al desarrollo de materiales didácticos.

Las contribuciones de estas soluciones respecto al modelado de los componentes o elementos fundamentales del material didáctico como regla general se centran en uno de los componentes: contenidos o estrategia pedagógica. Como consecuencia, el desarrollo del material se reduce a producir uno de sus componentes, aquel del que se dispone información sobre sus características. Por tanto, cuando en estas soluciones se asegura el carácter reutilizable del material, éste depende del componente que ha sido descrito. En el caso de MD2 se describen ambos componentes y se concibe la composición del material como la integración de los contenidos en la estrategia, que tienen diseños y presentaciones independientes, además de la generación de anotaciones semánticas basadas en dichas descripciones. De esta forma se cumplen dos de las condiciones necesarias para asegurar el carácter reutilizable del material descritas en la sección 2.3: la debida separación en el diseño del material entre los contenidos y su presentación, y el diseño instructivo; además de facilitar la incorporación de información de carácter semántico que permita su localización y recuperación automatizada.

En relación a la presencia o utilización de información pedagógica sobre el dominio de conocimiento, sólo dos de las soluciones analizadas KBTMM y PALO incluyen datos que modelan el dominio de conocimiento desde una perspectiva pedagógica y que son utilizados para resolver la etapa de composición del material. Tomando en consideración estas aportaciones en la definición del meta-modelo MD2 se incluye la vista DC para describir el dominio de conocimiento desde la óptica pedagógica, de forma que se dispone de información para resolver las interrogantes no sólo de la etapa de composición sino también de la etapa de selección. En el caso de la etapa de selección, la información proporcionada por la vista DC del modelo y sus elementos permiten la localización de contenidos y la selección de las estrategias que se ajustan mejor a los requisitos del desarrollador. Mientras que para la etapa de composición, las reglas definidas en el meta-modelo para el elemento *DC_listadoCompetencias*, son utilizadas como referencia para la ordenación de los contenidos previa a su integración con la estrategia pedagógica.

Por otra parte, en la mayoría de las soluciones analizadas los estándares y especificaciones de *e-Learning* no se utilizan en el desarrollo y como se muestra en la Tabla 7.2 en sólo dos de ellas, IMS LD y IBM DALO, se asegura su conformidad en el material obtenido. En el caso de MD2 se utilizan los estándares y especificaciones (IMS LOM, IMS CP, IMS QTI, IMS SS e IMS LD) durante el desarrollo, asegurando la conformidad del material respecto a dichos estándares y especificaciones, facilitando

que el material obtenido sea interoperable y por consiguiente, se potencia su carácter reutilizable, al cumplirse otra de las condiciones necesarias descritas en la sección 2.3.

En este análisis se ha comprobado que las propuestas comparadas con MD2 en relación con el cuarto criterio, sólo ofrecen soluciones a algunos de los problemas del desarrollo a través de diversas contribuciones relacionadas con la selección de contenidos y su ensamblaje o con la integración de contenidos con la estrategia pedagógica correspondiente, además de carecer de propuestas para solucionar la etapa de evaluación.

Como puede apreciarse en la Tabla 7.2, la mayoría de las contribuciones ofrecen mecanismos de soporte para la etapa de composición del desarrollo, a diferencia de MD2 que proporciona soluciones a las tres etapas del desarrollo: selección, composición y evaluación. Para la selección, el método MD2 define los procedimientos para buscar, recuperar o crear los recursos más apropiados para los contenidos y para seleccionar la estrategia pedagógica. Para ello, utiliza la información que proporciona el modelo sobre el dominio de conocimiento, los requisitos pedagógicos y de soporte tecnológico. Para solucionar la etapa de composición, el método define los procedimientos para seleccionar la estructura de la presentación del material y de su estrategia pedagógica, la agregación de los contenidos seleccionados, su integración en la estructura seleccionada y la visualización del resultado de tal integración. Dichas acciones se realizan tomando en consideración la información que proporcionan las relaciones definidas en el meta-modelo MD2 para las vistas DC, P y S, que permiten definir las estructuras de presentación a partir de plantillas derivadas de las representaciones en XML de instancias de los modelos de información de las especificaciones IMS LD, IMS QTI y IMS CP. Mientras que para solucionar la etapa de evaluación, el método MD2 define algoritmos para valorar la utilidad pedagógica del material obtenido y usabilidad de su interfaz, que están basados en los procedimientos de evaluación definidos para las aplicaciones de Hipermedia educativa presentados en la sección 2.5.1 y que tienen en cuenta que el modelo MD2 proporciona información sobre los aspectos, criterios a considerar para cada objetivo, sus reglas de agregación, los umbrales permitidos para asegurar que el material sirva de soporte efectivo al proceso educativo y las recomendaciones para el rediseño para aquellos casos en que los objetivos no alcancen valores aceptables dentro de los umbrales definidos.

Respecto al criterio sobre el soporte de anotaciones semánticas, en la mayoría de las soluciones basadas en modelos y comparadas con MD2 no se ha prestado mucha atención al soporte y la generación de anotaciones semánticas sobre las características del material. En la mayoría de estas soluciones no se considera incluir anotaciones semánticas o se considera de carácter opcional. En el caso de TeachML se considera incluir anotaciones pero tales anotaciones están relacionadas con el mecanismo de integración de la composición y con la capacidad de adaptación del material. En el caso de IMS LD se considera opcional añadir anotaciones por lo cual, las herramientas de

autoría basadas en la especificación no suelen ofrecer soporte para la generación de estas anotaciones, hecho que trae como consecuencia que en muchos casos el material creado no disponga de información que permita su localización, recuperación y poder reutilizarlo si fuese necesario. En el caso de MD2 se ha considerado la generación de anotaciones semánticas obligatoria durante el desarrollo, pero que a la vez sea transparente para el desarrollador, de forma que al concluir el desarrollo se disponga de anotaciones semánticas sobre las características del material que faciliten su localización, recuperación y posible reutilización. Para ello el paso Generación de anotaciones semánticas del método, como se describe en la sección 5.2.7, define algoritmos en los que se consideran las relaciones entre los elementos de las vistas DC, P y S, reflejadas como las correspondencias con los descriptores de carácter general, definidas en el meta-modelo para el elemento *S_elementosEstandar* (véase la sección 4.2.3.4.1) y que se han reflejado en la Tabla 5.1. Además, el método establece que durante la ejecución de sus diferentes pasos, éstos faciliten información sobre las etapas del desarrollo al paso el encargado de la generación de anotaciones para que de forma automática y transparente para el desarrollador se cree también un conjunto de anotaciones sobre las razones y justificaciones del desarrollo. Así, cuando se requiera crear un material con propiedades similares a alguno desarrollado previamente se contará con datos que permitan no sólo reutilizar los componentes de dicho material sino que también se podrá guiar y hacer más sencillo el desarrollo del nuevo material.

El último criterio considerado en este análisis comparativo ha sido la valoración de la dependencia del carácter reutilizable del material, obtenido en cada aproximación, de la descripción de alguno de sus dos componentes: contenidos y estrategia pedagógica. Como se ha explicado anteriormente las soluciones comparadas con MD2 modelan alguno de los dos componentes, en ellas se utilizan descripciones o representaciones de los contenidos o de la estrategia pedagógica, pero con excepción de MD2 ninguna modela ambos componentes. Por consiguiente, en cada una de estas soluciones cuando se asegura el carácter reutilizable del material, éste sólo dependería del componente que ha sido descrito. Estos serían los casos de DALO, IMS LD y TeachML. Para los dos primeros los materiales obtenidos son interoperables, al cumplir con un determinado estándar o especificación *e-Learning* y se asegura su reutilización respecto al componente modelado. En TeachML la reutilización del material se reduce a la adaptación del contenido a través de su representación en diferentes formatos. En el caso de la solución MD2 se potencia el carácter reutilizable del material de forma más completa porque se ha considerado que el diseño del material se basa en la separación de los contenidos de su presentación y a su vez, del diseño instructivo de la estrategia pedagógica y de su presentación; se asegura que el material obtenido sea conforme con un conjunto de estándares y especificaciones de *e-Learning* que permiten que sea interoperable y posea anotaciones semánticas con meta-datos estándares que faciliten su descubrimiento, localización y recuperación. Además nuestra solución, a través del

modelo MD2 provee información de carácter pedagógico, soporte de tecnológico y del dominio de conocimiento que permite identificar las características más relevantes de los componentes del material para facilitar su reutilización. El método MD2 define los mecanismos que permiten anotar los materiales y guiar las etapas de selección y composición, que aseguran las condiciones que potencian la reutilización. Y por último, la arquitectura definida para una herramienta de carácter generativo de basada en el marco conceptual definido por el método y el modelo MD2, permite que sea posible implementación de esta solución. Para avalar estas afirmaciones, en las secciones se describen los resultados y las pruebas realizadas para valorar la utilidad del método para guiar el desarrollo, la factibilidad de implementación del entorno de autoría propuesto y la utilidad de la solución propuesta.

Crterios/ Solución	TeachML	IBM DALO	OUEML/ IMS LD	KBTMM	PALO	MD2
Representación de contenidos	Unidades o módulos reusables /sub-módulos/átomos	Objetos de aprendizaje (LO-OA)	LO-OA/ tests QTI	Unidades de instrucción /Tópicos (Temas)	Cursos o unidades estructuradas	LO-OA/ tests QTI/ UoL
Representación de estrategias pedagógicas	No tiene soporte	Estrategia basada en procedimientos (paso a paso) utilizando SCORM	Descripción común para la estructura y comportamiento de diferentes estrategias pedagógicas (PoBL, CL, PBL, Procedimientos)	No tiene soporte	A través de diferentes componentes del proceso educativo: Subprocesos, secuencias, prerrequisitos, planificaciones y contenidos	Las vistas P y S proporcionan información para las diferentes estrategias pedagógicas utilizando estructuras basadas en plantillas conformes con IMS LD, QTI
Modelo del dominio de conocimiento desde la perspectiva pedagógica.	No incluye Información Pedagógica del dominio	No incluye Información Pedagógica del dominio	No incluye Información Pedagógica del dominio	Tipo de conocimiento: hechos, conceptos, principios	Modelo de capas: Contenidos, Actividades, Estructuras, Secuenciación, Administración	Elementos de la vista DC con información pedagógica: Temas, competencias y objetivos que permiten alcanzar, tiempo estimado para alcanzar los objetivos
	Jerarquía de Tópicos (Temas)	Grafo de tópicos / Relaciones de Generalización y especialización	No incluye Información del dominio. Es independiente del dominio	Jerarquía de Tópicos (Temas)/	Ontologías instructivas para cada dominio de conocimiento	Vista DC: Estructura jerárquica de temas.
	Relaciones de Generalización y especialización			Relaciones de Generalización y prerrequisitos		Relaciones de Generalización y prerrequisitos
Soporte de los estándares de <i>e-Learning</i>	No tiene soporte	SCORM, IMS LOM	IMS LOM, IMS SS, IMS QTI/IMS LD	No tiene soporte para los estándares <i>e-Learning</i>	No tiene soporte	IMS LOM, IMS SS, IMS QTI, IMS LD
Producto cumple con los estándares de <i>e-Learning</i>	TeachML documents/ XML	SCORM, IMS LOM	IMS LD		No tiene soporte, pero pueden realizarse transformaciones para que los productos sean compatibles con IMS LD	IMS LOM, IMS QTI, IMS LD
Etapa de selección	No tiene soporte	Tópicos, restricciones de aprendizaje, preferencias del usuario.	No tiene soporte	No tiene soporte	No tiene soporte	Las vistas KD y P facilitan información para llevar a termino la selección
		Crawling mechanism (Mecanismo de rastreo)				Definición de filtros en algoritmos del paso Selección del método
Etapa de composición e integración	Conjunto de lenguajes: Contenidos, Estructura de contenidos Integración de módulos Referencias	Utiliza la información del grafo de tópicos	Utilizando la estructura de la UoL	Arquitectura de Decision	Utiliza Ontologías instructivas	Utilizando las plantillas de presentación definidas de acuerdo con las relaciones de las vistas P y S. Algoritmos de integración del paso Composición del método

		Reglas de secuencias para los contenidos basadas en la estrategia pedagógica		Lecciones/Tópicos- nivel de Tópicos /Presentación de contenidos /Eventos	Arquitectura de capas	Reglas de secuencias para los contenidos basadas en la definición de la estrategia pedagógica y en la información de la vista DC
Criterios/ Solución	TeachML	IBM DALO	OUEML/ IMS LD	KBMM	PALO	MD2
Etapa de evaluación	No tiene soporte	Controla la coherencia de los contenidos utilizando el grafo de tópicos y la estrategia pedagógica	No tiene soporte	No tiene soporte	No tiene soporte	Utilizando la información proporcionada por los elementos y las reglas de agregación de la vista C-U y algoritmo de evaluación definido por el paso de igual nombre del método.
Anotaciones semánticas	Cada modulo tiene anotaciones sobre su integración y adaptación	No tiene soporte	Es considerada como opcional	No tiene soporte	No tiene soporte	Algoritmo definido por el método para Paso de generación de anotaciones (*). A partir de las correspondencias de los valores de los diferentes elementos del modelo MD2. Ver Tabla 5.1
Justificaciones o razones del desarrollo (Development rationales)	No tiene soporte	No tiene soporte	No tiene soporte	No tiene soporte	No tiene soporte	(*)Historial de toda la información utilizada por el método MD2 para resolver cada etapa del desarrollo
Reusabilidad de contenidos	El mismo contenido puede representarse en diferentes formatos	Diferentes contenidos utilizando la misma estrategia pedagógica	El mismo contenido utilizando en diferentes estrategias pedagógicas (Aunque no se especifica cómo)	No tiene soporte	No se especifica	El mismo contenido utilizando en diferentes estrategias pedagógicas (1 contenido, varias estrategias)
Reusabilidad de la estrategia pedagógica	No tiene soporte	No tiene soporte	Diferentes contenidos utilizando la misma estrategia pedagógica	No tiene soporte	No se especifica	Diferentes contenidos utilizando la misma estrategia pedagógica (varios contenidos, 1 estrategia)

Tabla 7.2. Análisis comparativo de la solución MD2 respecto a las diferentes soluciones basadas en modelos presentadas en el Capítulo Estado de la cuestión.

7.3 Valoración del modelo definido (P2)

Para la valoración del modelo, se realizaron pruebas de carácter empírico y cuyo objetivo era obtener datos que nos permitieran analizar la capacidad descriptiva, de clasificación y la generalidad del modelo MD2. Para ello, en el escenario de evaluación participaron dos expertos en el dominio de conocimiento Ciencias de la Computación, junto a la autora de la solución. En primer lugar se realizaron pruebas empleando una Ontología educativa en formato OWL definida según el meta-modelo MD2, denominada MD2onto y el razonador RACER [46]. La información proporcionada por la Ontología fue utilizada por el razonador para evaluar la consistencia del modelo en la primera prueba. Como resultado de esta prueba se obtuvo que los elementos que forman la Ontología MD2onto no presentaban inconsistencias entre sí, por lo que se puede concluir que la definición del meta-modelo está libre de inconsistencias semánticas.

El segundo tipo de pruebas realizadas fue comprobar que el razonador, utilizando la Ontología MD2onto, era capaz de clasificar correctamente diferentes tipos de materiales didácticos de forma que se obtuvieran datos sobre la generalidad del modelo, su capacidad descriptiva y de clasificación. Antes de iniciar la prueba, los materiales empleados como casos de estudio se habían clasificado en tres grupos de acuerdo con el tipo de material: unidades de aprendizaje, material de evaluación y objetos de aprendizaje y se comprobó que trataban dos temáticas diferentes del dominio de conocimiento. En la primera parte de estas pruebas el conjunto de materiales fue descrito por los participantes utilizando la ontología MD2Onto. La segunda parte de las pruebas consistió en pedir al razonador que clasificara las muestras de acuerdo con el tipo de material y propusiera el estándar o especificación más adecuada para su representación de acuerdo con las relaciones definidas en el meta-modelo MD2 para los elementos *S_estandar* y *P_tipoMaterial*, presentadas en la Figura 4.21 y la Tabla 4.25, de manera que se pudiera disponer de datos sobre la validez de la hipótesis de trabajo H1.1 (Si se dispone de medios para describir los componentes del material y los requisitos para que sea soporte efectivo de un determinado proceso educativo es posible definir herramientas efectivas para el desarrollo de estos materiales). La última parte de estas pruebas consistió en pedir al razonador que clasificara los materiales de acuerdo con las temáticas utilizadas, realizando consultas que empleaban el elemento *DC_tema* con el objetivo de obtener más pruebas sobre la validez de la hipótesis de trabajo H1.1.

En la Tabla 7.3 se muestran los resultados de estas pruebas, en las que los 30 ejemplares utilizados se agruparon en 3 conjuntos de 10 muestras (cada uno) de acuerdo con el tipo de material. En la segunda columna se ha presentado la información sobre la clasificación realizada por los expertos y que servirá de referencia para analizar las capacidades del modelo definido. En la columna tercera se reflejan los

resultados de la primera parte de las pruebas: la clasificación por tipo y la propuesta del estándar. Mientras que en la cuarta columna se presentan los resultados de la segunda parte de las pruebas: la clasificación de los materiales de acuerdo con la temática.

Tipo de material	Clasificados por expertos	Clasificados por RACER usando el modelo	Clasificados por RACER usando el modelo
Grupo 1	Unidades de aprendizaje - IMS LD 10/10	Unidades de aprendizaje IDtipo UoL - IMS LD 7/10	Temáticas encontradas 2/2
Grupo 2	Material Evaluaciones -IMS QTI 10/10	Material Evaluaciones IDtipo QTI- IMS QT 8/10	Temáticas encontradas 2/2
Grupo 3	Material Objetos aprendizaje -IMS CP 10/10	Material Objetos aprendizaje IDtipo LO -IMS CP 7/10	Temáticas encontradas 2/2

Tabla 7.3. Resultados de las pruebas realizadas con MD2Onto y el razonador RACER.

Como se aprecia, el razonador fue capaz de clasificar correctamente y proponer el estándar o especificación adecuada para la mayoría de los materiales de las muestras de los Grupos 1 y 3, es decir, 7 de las 10 unidades de aprendizaje fueron clasificadas correctamente, al igual que los objetos de aprendizaje. Mientras que en el Grupo 2, el razonador fue capaz de clasificar correctamente 8 de los 10 materiales de evaluación. Es decir, 22 de las 30 muestras (73,3%) fueron correctamente clasificadas por el tipo de material y se propuso la especificación adecuada. De acuerdo con estos resultados se puede concluir que el modelo definido es capaz de proponer de manera correcta el estándar o especificación más adecuada y gracias a ello se puede disponer de la información acerca de la estructura para la implementación del material, teniendo en consideración además las definiciones de las plantillas para las diferentes especificaciones basadas en las relaciones definidas en el meta-modelo para el elemento *S_elementosEstandar* y mostradas en las Figuras 5.2 a 5.5, que aportan datos sobre cómo se pueden conectar o asociar los contenidos a dicha estructura, de forma que se puede asegurar la interoperabilidad del material y potenciar su carácter reutilizable. El porcentaje de aciertos en estas pruebas es bastante alto y que no sea mayor puede deberse a dos causas: problemas en los mecanismos de inferencia de la herramienta RACER y la expresividad de los elementos de la vista *S* definidos en el meta-modelo. Analizando los datos obtenidos y considerando los casos en que se producen los errores, pensamos que en el futuro podrían realizarse modificaciones en las definiciones del meta-modelo para los elementos de la vista *S* con el fin de mejorar su expresividad, que hasta el momento es bastante buena y realizar nuevas pruebas para comprobar si el porcentaje de aciertos en las clasificaciones aumenta.

En la columna cuarta se muestran los resultados de la clasificación por temáticas realizada por el razonador. Para cada uno de los tres grupos definidos el razonador clasificó correctamente todos los materiales en las dos temáticas. Es decir, que para el

100% de las muestras, el modelo definido es capaz de clasificar correctamente según la temática, por lo cual es posible utilizar los descriptores de la vista DC relacionados con el elemento *DC_tema* para controlar la selección de los contenidos más adecuados para el desarrollo de un material que deberá cumplir además con un conjunto de requisitos de carácter pedagógico y técnico.

Una vez concluidas estas pruebas teniendo en cuenta que los resultados obtenidos fueron positivos, se disponen de datos para constatar la importancia de la información proporcionada por el modelo para ofrecer el soporte necesario al desarrollado de los materiales. De acuerdo con ello podemos afirmar que el modelo definido es capaz de describir de manera general los componentes del material puesto que permite identificar y caracterizar las estrategias pedagógicas y los contenidos, es capaz de clasificar cualquiera de los tipos de materiales considerados y propone de manera correcta la especificación o estándar adecuado para cada tipo de material por lo que se dispone de información para que en la etapa de composición se pueda generar la estructura de presentación y entrega sin que el desarrollador tenga que conocer los detalles de la implementación de los diferentes modelos de información de los estándares o especificaciones *e-Learning*. Para la etapa de selección, como el modelo es capaz de clasificar correctamente según la temática sobre las que tratan sus contenidos, se pueden seleccionar los contenidos relacionados con tal temática y se dispone de información para poder crear cualquiera de los tipos de materiales considerados y que cumplan con los requisitos pedagógicos y de soporte técnico que pueden ser descritos por elementos de las vistas P y S del modelo. Además teniendo en cuenta las relaciones del elemento *DC_tema* con el resto de los elementos de la vista DC, se dispone también de información para controlar no sólo la ejecución de la etapa de selección, sino para facilitar la composición en la que utiliza la información pedagógica del dominio y para la valoración de la utilidad pedagógica en la etapa de evaluación.

Los resultados obtenidos ofrecen datos favorables sobre la utilidad de uno de los elementos claves de la solución, por lo que el próximo objetivo de la evaluación de la tesis se centró en la valoración del otro elemento de importancia capital para la solución: el método de desarrollo.

7.4 Valoración de la utilidad del método para guiar el desarrollo (P3)

Las pruebas de evaluación del método MD2 (P3) han tenido también un carácter empírico. El objetivo marcado era comprobar la capacidad del método para guiar el proceso de desarrollo, si éste facilitaba soluciones adecuadas para las diferentes etapas del desarrollo y obtener datos sobre la validez la hipótesis de trabajo H1.2 (Si se cuenta con un método capaz de procesar la información proporcionada por H1.1 y que sirva de

guía a las diferentes etapas del desarrollo, es posible definir herramientas efectivas para el desarrollo de materiales). Para el escenario de las pruebas de esta evaluación se utilizó la definición del método de desarrollo; dos prototipos: UoLComposer, QTIComposer que implementan la arquitectura de la herramienta MD2tool propuesta en la solución y herramientas de autoría que no tienen soporte para las etapas del desarrollo: la versión de la herramienta de autoría RELOAD LDEditor (que no incluye el visualizador LDPlayer para crear UoLs), Sled para la visualización y el editor QTIEditor de OLAT para crear los materiales de evaluación.

Los casos de estudio fueron situaciones de desarrollo de diferentes tipos de materiales realizadas como parte de las actividades de carácter práctico de la asignatura “Enseñanza asistida por ordenador” del quinto año de la Titulación Ingeniería Informática de la Universidad Carlos III de Madrid en los cursos 2006-2007, 2007-2008 y 2008-2009. En la primera situación de desarrollo, los estudiantes trabajaban por primera vez con la especificación IMS LD y debían crear un material de una unidad de aprendizaje muy simple. En la segunda situación, los estudiantes ya habían realizado la práctica correspondiente a la primera situación y debían crear un material de una unidad de aprendizaje que incluye materiales de evaluación y objetos de aprendizaje, además de crear anotaciones semánticas sobre las características del material conformes con la especificación IMS LMRI (LOM). Dichas situaciones de desarrollo se diferencian además en el tipo de desarrolladores que participaba. En la primera situación los estudiantes se pueden definir como tipo novel pues se enfrentaban al desarrollo de un material con conocimientos mínimos sobre los estándares y especificaciones *e-Learning*, mientras que en la segunda situación los estudiantes se pueden considerar como tipo medio ya habían realizado un conjunto de prácticas que les permitieron familiarizarse y profundizar en el trabajo con los diferentes estándares y especificaciones.

Prueba	Curso/Participantes	Situación de desarrollo	Tipo de estudiante	Soporte del método	Enunciado
I	2006-2007 16 participantes	I (IMS LD)	NOVEL	NO	P6LD2006-07 (Anexo 4)
II		II (IMS LD+QTI+CP)	MEDIO		POblig2006-07 (Anexo 4)
III	2007-2008 6 participantes 2008-2009 6 participantes	I (IMS LD)	NOVEL	SI	P6LD2007-08 (Anexo 4)
IV		II (IMS LD+QTI+CP)	MEDIO		POblig2007-08 (Anexo 4)

Tabla 7.4. Detalles de las pruebas realizadas para la evaluación del método.

En la Tabla 7.4 se presentan una caracterización de las pruebas realizadas para esta evaluación. Se realizaron en total 4 pruebas con los dos casos de estudio en los cursos 2006-2007, 2007-2008 y 2008-2009. En las dos pruebas I y II realizadas durante el primer curso no se incluyó el soporte del método de desarrollo sólo se trabajó con las herramientas de autoría RELOAD y QTIEditor, a diferencia las III y IV llevadas a cabo durante los dos últimos cursos en las que además de las herramientas antes mencionadas, se incluía una guía de desarrollo basada en el método, plantillas para la estructura de presentación y entrega y los prototipos de la herramienta MD2tool. Los enunciados de las prácticas utilizadas para cada prueba se han incluido en el Anexo 4, en las secciones cuyos nombres coinciden con los mostrados en la cuarta columna de la Tabla 7.4. Estos enunciados se publicaron en la plataforma de gestión de contenidos educativos Aula Global, que utiliza la Universidad Carlos III de Madrid. Las pruebas realizadas requerían además que los participantes, una vez terminada cada práctica completaran una encuesta en la que se les pedía valorar algunos factores de influencia en la realización exitosa de la misma. Estas encuestas se pusieron a disposición de los estudiantes utilizando las facilidades de una plataforma de gestión educativa Moodle, configurada especialmente para el desarrollo de las actividades de la asignatura. Los contenidos de las encuestas también se han incluido en el Anexo 4 a continuación de a los enunciados de las prácticas correspondientes.

Para el análisis de estas pruebas nos auxiliaremos de las Figuras numeradas del 7.1 a 7.13. En ellas se reflejan los datos de todas las pruebas realizadas y que permiten analizar los factores de mayor importancia para la comprobación de la capacidad del método de desarrollo como guía del desarrollo y la idoneidad del soporte ofrecido a cada etapa del desarrollo. En la Figura 7.1 se muestran los resultados relacionados con la influencia del nivel de conocimientos del desarrollador sobre los estándares y especificaciones *e-Learning* en su capacidad para la ejecución de las diferentes tareas del desarrollo. La Figuras 7.2 y 7.3 reflejan los resultados sobre las facilidades ofrecidas en las pruebas para la ejecución de etapa de selección. En la primera se presentan los datos sobre las facilidades para la selección de los recursos necesarios, mientras que en la segunda se muestran los datos relacionados con las facilidades para la modificación y adaptación de los recursos elegidos a los requisitos del desarrollador. Las Figuras de la 7.4 a la 7.7 se dedican a la valoración de las facilidades ofrecidas para la etapa de composición. La Figura 7.4 refleja los resultados relativos a la influencia que puede tener disponer de contenidos y estructura de presentación/entrega en la ejecución de la composición. La Figura 7.5 incluye los resultados relativos a la ayuda que supone para la composición de un material, disponer de mecanismos para diseñar su estructura de presentación y entrega. La Figura 7.6 presenta los resultados relacionados con las facilidades ofrecidas en las diferentes pruebas para la integración de los recursos (contenidos y estrategia) en la estructura de presentación y entrega del material. Mientras que la Figura 7.7 muestra los datos relativos a la importancia de

contar con mecanismos para visualizar el resultado obtenido en la composición como prerrequisito para poder evaluar el material creado. Las Figuras 7.8 a 7.10 se dedican a mostrar los datos sobre factores de influencia en la etapa de evaluación. La Figura 7.8 muestra los resultados que permiten analizar las facilidades ofrecidas en las diferentes pruebas para comprobar que el material creado funciona de acuerdo a los requisitos planteados y que no están relacionados con especificaciones o estándares. La Figura 7.9 permitirá analizar la necesidad de poder comprobar requisitos del material como su conformidad con determinado estándar como parte de la evaluación. Mientras que la Figura 7.10 muestra los resultados que se utilizan para analizar si las herramientas usadas en las pruebas disponen de los criterios necesarios para comprobar la utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz del material, elementos claves para verificar su capacidad como soporte efectivo en un determinado proceso educativo. La Figura 7.11 presenta los datos que permitirán analizar las facilidades ofrecidas en las distintas pruebas para crear las anotaciones semánticas sobre las características del material. Por último las Figuras 7.12 y 7.13 se dedican a mostrar los datos relacionados con la valoración general sobre el desarrollo. La Figura 7.12 presenta los resultados sobre la valoración del desarrollo con las diferentes herramientas y mientras que la Figura 7.13, los tiempos empleados en el desarrollo en cada una de las pruebas.

En las siguientes secciones se analizan los resultados obtenidos en las encuestas realizadas en cada prueba. Inicialmente se examinan los datos de cada prueba, seguidamente se hace un análisis comparativo entre los resultados de las pruebas I y II en el que se aportan datos sobre la necesidad real de una guía para el desarrollo. A continuación se comparan los resultados de las pruebas II y III en los que se analiza la efectividad de las soluciones propuestas por el método y por último se analizan los resultados de las pruebas II y IV para demostrar la utilidad del método como guía de desarrollo.

7.4.1 Resultados de la prueba I

La encuesta de esta prueba está formada por 12 preguntas y los resultados de obtenidos se muestran en las Figuras previamente presentadas en el primer cuadrante identificado como sección Prueba I. La primera pregunta de la encuesta tenía como objetivo recopilar información sobre la influencia del nivel de conocimientos del desarrollador sobre las especificaciones y estándares *e-Learning* en la facilidad para crear de un material conforme a las especificaciones. Los resultados de esta pregunta se muestran en la Figura 7.1 en la sección denominada Prueba I. En ese caso los desarrolladores eran tipo novel, tenían un nivel muy básico de conocimientos sobre la estructura XML y los elementos de las especificaciones y la mayoría de ellos (58% del total), respondió que le resultaba complicado el desarrollo. Aunque es temprano para

llegar a conclusiones, este valor puede servir de referencia para refrendar la necesidad de guías que eliminen la necesidad de conocer los detalles estándares y especificaciones de *e-Learning* para llevar a término el desarrollo.

Las preguntas 2 y 3 se dedicaron a recabar información sobre la etapa de selección. En el enunciado de la práctica se proporcionaba una descripción bastante general de los contenidos que debían crearse. Según se muestra en la Figura 7.2 las respuestas de la mayoría, un 31% de los participantes responde que les ayuda algo, mientras que el 38% les ayuda bastante para poder buscar, crear o modificar los contenidos para el curso que debían desarrollar. Mientras que el 64% expresaba en sus respuestas a la pregunta 3, cuyos resultados se presentan en la Figura 7.3, que a pesar de la ayuda de las descripciones proporcionadas, la adaptación de los contenidos a los requisitos planteados le resultó complicada. Esto se debe a que no disponen de ninguna guía o facilidades de edición para realizar las modificaciones pertinentes.

El objetivo de la pregunta 4 era obtener información sobre la etapa de composición, especialmente si conocer cuales contenidos debían emplearse y disponer de una descripción textual de la estructura del curso suponía alguna ayuda para realizar mejor la composición. Como se muestra en la sección Prueba I de la Figura 7.4 para la mayoría de los participantes, el 63%, la información proporcionada era de poca ayuda para generar desde cero la estructura del curso y llevar a cabo la composición del material.

Las preguntas 5, 6 y 7 también se dedicaron a obtener información sobre las facilidades ofrecidas por RELOAD para la etapa de composición. La pregunta 5 perseguía el objetivo de conocer si RELOAD ofrecía ayuda suficiente para diseñar la estructura XML para la presentación y secuenciación de la Uol. Como se muestra en la Figura 7.5 en el cuadrante de la Prueba I, la mayoría de los encuestados, el 75% respondió que la herramienta suponía poca ayuda para la creación de la estructura XML. Mientras que el objetivo de la pregunta 6 era valorar las facilidades de RELOAD para llevar a término la composición del material integrando los contenidos a la estructura XML de la presentación, secuenciación y entrega. Como se muestra en el primer cuadrante de la Figura 7.6 las respuestas de la mayoría 44% definieron como complicado (13%) y muy complicado (31%).

Para la pregunta 7, como se muestra en la Figura 7.7, la mayoría de los participantes, un 37%, respondía que la opción de Visualizar el material de RELOAD, les ayudaba algo para la comprobación del funcionamiento correcto del material. Puesto que dicha opción permite ver el resultado de la presentación del material pero no genera la interfaz con todas las funcionalidades de forma que no es posible una interacción completa para verificar el funcionamiento del material.

Las preguntas 8, 9 y 10 se dedicaron a indagar sobre las facilidades de RELOAD y SLED para evaluar características del material creado como la conformidad con la especificación o su correcto funcionamiento. En las respuestas a la pregunta 8,

mostradas en la Figura 7.8, la mayoría, el 56% respondía que la opción de Importar/verificar el curso en SLED ayudaba poco a verificar si el curso cumplía con los requisitos del enunciado estaban que no estaban relacionados con la especificación IMS LD. Dicha opción hace una verificación de la conformidad con el estándar pero no aporta información sobre el resto de los requisitos pedagógicos, del dominio de conocimiento o su funcionamiento. Para el caso de las respuestas a la pregunta 9, mostradas en la Figura 7.9, el mismo porcentaje definía que la opción mencionada de SLED aportaba bastante información para comprobar que la estructura del curso y su secuenciación era correcta y conforme a la especificación.

En la pregunta 10 se indagaba sobre la importancia de disponer de criterios para la evaluación del material. Como se muestra en la Figura 7.10 la mayoría, el 56% respondió que al no disponer de criterios específicos y explícitos no era posible llevar a término la evaluación de características deseables como la utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz. Las respuestas a las preguntas de la 8 a 10 confirman la necesidad de que las herramientas de autoría ofrezcan un soporte a la etapa de evaluación.

Las preguntas 11 y 12 se dedicaron a la valoración general del desarrollo. La pregunta 11 indagó sobre la sencillez o complejidad del desarrollo usando la herramienta RELOAD. La mayoría de los participantes, como se muestra en el primer cuadrante de la Figura 7.12, definió el desarrollo como normal el 37% y sencillo, 19%. Mientras que objetivo de la pregunta 12 era la valoración del tiempo dedicado al desarrollo y como se muestra en Figura 7.13, la mayoría, un 56% respondió que invirtieron más de 20 horas adicionales a las 4 horas semanales utilizadas en clases de práctica.

Los resultados obtenidos en esta prueba nos sirven como referencia para llegar a conclusiones sobre la influencia del nivel de conocimientos sobre los estándares en el tiempo de desarrollo utilizando herramientas como RELOAD. Si los desarrolladores tienen conocimientos muy básicos sobre las especificaciones y estándares, el desarrollo de materiales usando este tipo de herramientas requiere que se invierten muchas más horas y aumente la carga cognitiva para poder llevar a término el desarrollo puesto que es necesario entender los detalles de la especificación y no se dispone de soporte para la realización de tareas importantes en la composición como el diseño de la estructura de presentación, secuenciación y entrega. Por otra parte, la carencia de soporte en estas herramientas para la selección influye también en el tiempo de desarrollo, puesto que se requiere de más horas para la adaptación y modificación de los recursos a los requisitos del material.

7.4.2 Resultados de la prueba II

La encuesta de esta prueba está formada por 16 preguntas y los resultados de obtenidos se muestran en las Figuras del 7.1 a 7.13 en el segundo cuadrante, en la dirección de las manecillas del reloj e identificado como sección Prueba II. La primera pregunta, al igual que en la prueba I, tenía como objetivo recopilar información sobre la influencia del nivel de conocimientos del desarrollador sobre las especificaciones y estándares *e-Learning* en la facilidad para crear de un material conforme a las especificaciones. En ese caso los desarrolladores tenían un nivel medio de conocimientos sobre la estructura XML y los elementos de las especificaciones y como se muestra en la Figura 7.1, la mayoría de ellos (68% del total) respondió que el desarrollo le resultaba normal.

Las preguntas 2 y 3 se dedicaron a recabar información sobre la etapa de selección. En el enunciado de la práctica se proporcionaba una descripción textual bastante general de los contenidos que debían crearse. De acuerdo con las respuestas de la mayoría mostradas en la Figura 7.2, un 38% (31%) de los participantes, les ayuda bastante (mucho) para poder buscar, crear o modificar los contenidos para el curso que debían desarrollar. En este aspecto debe tenerse en cuenta la experiencia adquirida en la prueba I, los estudiantes ya sabían qué procedimiento debían seguir para realizar la selección de los contenidos. Mientras que, como se presenta en la Figura 7.3, la mayoría de ellos, el 47% (33%) expresaba en sus respuestas a la pregunta 3 que a pesar de la ayuda de las descripciones proporcionadas, la adaptación de los contenidos a los requisitos planteados le resultó complicada (muy complicada). Al igual que en la prueba I los participantes no contaban con una guía o herramienta para realizar las modificaciones pertinentes.

El objetivo de la pregunta 4 era obtener información sobre la etapa de composición, especialmente si conocer cuales contenidos debían emplearse y disponer de una descripción textual de la estructura del curso suponía alguna ayuda para realizar mejor la composición. Al igual que en la prueba I, como se muestra en la Figura 7.4, para la mayoría de los participantes, el 66%, la información proporcionada era de poca ayuda para generar desde cero la estructura del curso y llevar a cabo la composición del material.

Las preguntas 5 y 6 también se dedicaron a obtener información sobre las facilidades ofrecidas por las herramientas RELOAD y QTIEditor para la etapa de composición. El objetivo de la pregunta 5 era saber RELOAD ofrecía alguna ayuda para el diseño de la estructura XML de la presentación y secuenciación de las actividades. Como se presenta en la Figura 7.5, en el cuadrante correspondiente a la Prueba II, las respuestas de la mayoría determinaron que ofrecía algo de ayuda (75%). La pregunta 6 indagaba sobre las ayudas ofrecidas por QTIEditor para el diseño y como se aprecia en la mencionada figura, sólo el 37% expresaba que ofrecía también algo de ayuda. Estas herramientas

ofrecen ayudas para trabajar con sus interfaces pero no facilitan guías para el diseño XML de la estructura de presentación y entrega.

El objetivo de la pregunta 7 era saber cuán sencillo resultaba el proceso para la composición del material integrando los contenidos a la estructura XML de la presentación y secuenciación utilizando QTIEditor. Como se muestra en la Figura 7.6, las respuestas de la mayoría determinan que la composición es complicada (6%) y muy complicada (44%).

El objetivo de la pregunta 8, cuyos resultados se presentan en la Figura 7.6, era saber si resultaba sencillo el proceso para la composición del material integrando los contenidos a la estructura XML de la presentación y secuenciación, utilizando RELOAD. A diferencia de la prueba anterior (prueba I), en este caso la mayoría de los participantes lo definieron como normal (56%). Al analizar este valor debe tomarse en consideración la experiencia previa de los estudiantes trabajando con la herramienta.

Como se muestra en la Figura 7.7 en la pregunta 9 la mayoría de los participantes: el 66 %, respondía que la opción de Visualizar el material de RELOAD, les ayudaba poco para la comprobación del funcionamiento correcto del material. Puesto que dicha herramienta únicamente dispone de esa opción que permite ver el resultado de la presentación del material pero no genera la interfaz con todas las funcionalidades de forma que no es posible una interacción completa para verificar el funcionamiento del material.

Las preguntas 10, 11 se dedicaron a indagar sobre las facilidades de RELOAD y SLED para evaluar el material creado. En la Figura 7.8 se presentan los resultados de la pregunta 10, el 63% respondía que la opción de Importar/verificar el curso en SLED ayudaba poco a verificar si el curso cumplía con los requisitos del enunciado que no estaban relacionados con la especificación IMS LD. Para el caso de las respuestas a la pregunta 11, mostradas en la Figura 7.9, el 68% definía que la opción mencionada de SLED aportaba mucha ayuda para comprobar que la estructura del curso y su secuenciación era correcta y conforme a la especificación. Lo que viene a confirmar que es necesario que se ofrezca soporte dentro de la composición para la visualización e interacción como resultado de esta etapa para que sea posible la evaluación del material. En la pregunta 12 se indagaba sobre la importancia de disponer de criterios para la evaluación del material. Como se muestra en la Figura 7.10 la mayoría, el 56% respondió que no era posible realizar la evaluación porque disponían de suficientes criterios específicos y explícitos para valorar la calidad del material vista como su utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz del material. En el enunciado se proponían algunos criterios pero no se facilitaba ningún mecanismo, guía o algoritmo para el procesamiento de la valoración de tales criterios. Las respuestas a las preguntas de la 10 a 12 confirman la necesidad de que las herramientas de autoría ofrezcan un soporte a la etapa de evaluación.

La pregunta 13 se dedicó a valorar el desarrollo usando la herramienta RELOAD, sus resultados se han presentado en la Figura 7.12 y la mayoría definió el desarrollo como normal (37%) y sencillo (19%). Hecho que viene a confirmar que si los desarrolladores tienen cierto nivel de conocimientos de los estándares y poseen experiencia en el trabajo con la herramienta el desarrollo de los materiales presenta algunas dificultades pero no resulta tan complejo.

El objetivo de la pregunta 14 era recabar información sobre cómo los participantes valoraban las facilidades para crear anotaciones semánticas. Como se aprecia en el primer cuadrante de la Figura 7.11, la mayoría, consideró que el proceso de crear las anotaciones utilizando la herramienta RELOAD era poco sencillo (el 43%) y muy poco sencillo (el 13%). Puesto que debían conocer no sólo los detalles del material sino el significado de cada uno de los elementos de la especificación IMS LRMI(LOM) sino que debían crear desde cero el fichero XML con las anotaciones, proceso que es propenso a introducir errores. El fin de las preguntas 15 y 16 era obtener información sobre los tiempos de desarrollo de materiales de evaluación y UoL. En la Figura 7.13 se muestra que los tiempos para crear los ambos materiales fueron estimados por la mayoría de los participantes (56%) entre 15 y 20 horas adicionales a las 4 horas dedicadas en las clases de prácticas. Si tomamos en cuenta que los estudiantes ya tenían la experiencia de la prueba anterior, se puede apreciar considerar que el tiempo de desarrollo disminuye respecto a dicha prueba. Es decir, que como explicábamos antes la complejidad del desarrollo se afronta mejor cuando los desarrolladores tienen experiencia en el trabajo con las herramientas analizadas y su nivel de conocimientos sobre las especificaciones es más alto.

Analizando los datos obtenidos de las Pruebas I y II, se ha llegado a las siguientes conclusiones: si el nivel de conocimientos del desarrollador sobre las especificaciones y estándares *e-Learning* es más alto y no es su primera experiencia en el desarrollo, el tiempo de desarrollo con las herramientas RELOAD y QTIEditor no es tan alto. Aunque lo anterior no implica que el desarrollo se haga más sencillo, puesto que dichas herramientas carecen de soporte para las etapas de selección y evaluación. En el caso, de la selección, adaptar los contenidos a los requisitos siempre es complicado puesto que las herramientas analizadas carecen de soporte para editar o crear los recursos. En el caso de la etapa de composición, el soporte ofrecido no es suficiente puesto que sólo es posible la integración una vez que se haya diseñado el XML de la estructura del material. Para esto último es necesario conocer en detalles los elementos de del modelo de información que definen la estructura, comportamiento y visualización del material para poder diseñar la estructura. La generación de anotaciones semánticas resulta complicada con la herramienta RELOAD puesto que se precisa conocer en profundidad los elementos de la especificación IMS LRMI (LOM) y además de la descripción exacta de las características del material, se debe crear de manera manual el fichero XML para las anotaciones. En el caso de la evaluación, las herramientas

analizadas sólo permiten comprobar la conformidad con el estándar pero no es posible la interacción con el material ni se disponen de criterios y mecanismos para llevar a término la evaluación de la capacidad del material de servir de soporte a un determinado proceso educativo. Los datos de estas dos pruebas, nos muestran la necesidad de disponer de un método que permita guiar a los desarrolladores durante las diferentes etapas y les ayude a afrontar la complejidad del desarrollo.

7.4.3 Resultados de la prueba III

La encuesta de esta prueba está formada por 12 preguntas y los resultados de obtenidos se muestran en las Figuras del 7.1 a 7.13 en el tercer cuadrante, primero a la izquierda en la segunda fila e identificado como sección Prueba III. La primera pregunta, al igual que en las pruebas anteriores, tenía como objetivo recopilar información sobre la influencia del nivel de conocimientos del desarrollador sobre las especificaciones y estándares *e-Learning* en la facilidad para crear de un material conforme a las especificaciones. En esta prueba los desarrolladores tenían un nivel muy básico o novel de conocimientos sobre la estructura XML y los elementos de las especificaciones pero como se muestra en la Figura 7.1, la mitad de ellos (50%) respondió que le resultaba normal el desarrollo.

Las preguntas 2 y 3, al igual que en las pruebas anteriores, se dedicaron a recabar información sobre la etapa de selección. En el enunciado de la práctica se proporcionaba una descripción textual bastante exacta sobre las características de los contenidos que debían crearse y se facilitaban algunos de ellos. Como se muestra en la Figura 7.2, las respuestas a la pregunta 2 de la mayoría de los participantes, es decir un 66%, define que la información facilitada les ayuda mucho para poder buscar, crear o modificar los contenidos para el curso que debían desarrollar. Mientras que como se aprecia en la Figura 7.3, el 50% de los participantes expresaba en sus respuestas a la pregunta 3 que la ayuda de las descripciones proporcionadas, facilitó la adaptación de los contenidos a los requisitos planteados y que el proceso les resultó normal. Esto se debe a que en el enunciado se facilitaban guías basadas en el método para realizar las modificaciones necesarias.

El objetivo de la pregunta 4 era obtener información sobre la etapa de composición, especialmente si conocer cuales contenidos debían emplearse y disponer del fichero XML que describe la estrategia pedagógica y la estructura para la presentación del curso a crear les ayudó en su composición. Como se muestra en la Figura 7.4, para la mayoría de los participantes, el 66%, la información proporcionada les ayudó mucho, puesto que no tenían necesidad de generar desde cero la estructura XML del curso y podían pasar directamente a la composición del material.

Las preguntas 5 y 6 se dedicaron a obtener información sobre las facilidades ofrecidas por RELOAD para la etapa de composición. La pregunta 5, cuyas respuestas se

muestran en la Figura 7.5, perseguía el objetivo de conocer si disponer de la estructura XML para la presentación y secuenciación de la UoL facilitaba la composición utilizando RELOAD. La mayoría de los encuestados, el 67% respondió que bajo estas circunstancias la herramienta suponía bastante ayuda para la composición. Porque en este caso, usaban RELOAD sólo para conectar los recursos de contenido a la estructura facilitada.

El objetivo de la pregunta 6 era saber cuan sencilla podía ser la composición del material a partir de la integración de los contenidos a la estructura XML de la presentación y secuenciación de la estrategia contenida en el fichero proporcionado y utilizando RELOAD. Como se muestra en la Figura 7.6, las respuestas de la mayoría (83%) definió como normal la composición bajo estas circunstancias.

Para indagar sobre la visualización del material al final de la composición, se utilizó la pregunta 7. En la Figura 7.7 se muestra que la mayoría de los participantes: el 67%, respondía que la opción de Visualizar el material, les ayudaba poco en la comprobación del funcionamiento correcto del material. Al igual que en la prueba anterior, las opciones que ofrece la herramienta no permiten una interacción completa para poder verificar el funcionamiento del material.

Las preguntas 8 y 9 se dedicaron a indagar sobre las facilidades de RELOAD y SLED para evaluar el material creado. En las respuestas a la pregunta 8 mostradas en la Figura 7.8, la mayoría el 66% respondía que la opción de Importar/verificar el curso en Sled ayudaba poco a verificar si el curso cumplía con los requisitos del enunciado que no están relacionados con la especificación IMS LD.

Para el caso de las respuestas a la pregunta 9, mostradas en la Figura 7.9, el 66% de los encuestados definía que la opción Importar/Verificar de Sled ayudaba mucho a comprobar la conformidad con la especificación del curso creado. Esa opción en Sled sólo verifica que sea conforme con la especificación, aunque la opción de publicar si genera el curso y se puede observar si la composición es correcta, aun en ese supuesto no se dispone de detalles ni mecanismos de procesamiento para poder evaluar la utilidad ni la usabilidad de la interfaz del material.

En la pregunta 10 se indagaba sobre la importancia de disponer de criterios para la evaluación del material. Como se muestra en la Figura 7.10 la mayoría, el 83% respondió que la evaluación era poco sencilla porque no disponía de suficiente información sobre criterios específicos para evaluar la capacidad del material para servir de soporte efectivo a un proceso educativo. Las respuestas a las preguntas de la 8 a 10 confirman la necesidad de que las herramientas de autoría ofrezcan un soporte a la etapa de evaluación en el que se pueda comprobar la conformidad con el estándar, el correcto funcionamiento y valorar aspectos deseables como la utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz del material como elementos que prueben que puede constituir un soporte efectivo para determinado proceso educativo.

Las pregunta 11 se dedicó a valorar el desarrollo usando la herramienta RELOAD acompañada de una guía basada en los pasos del método. Como se aprecia en la Figura

7.12, la mayoría, 83%, definió el desarrollo como normal. Mientras que en el tiempo dedicado al desarrollo, objetivo de la pregunta 12 como se aprecia en la Figura 7.13, la mayoría 66% respondió que invirtieron 15 horas adicionales a las 4 horas semanales utilizadas en clases de práctica. Estos datos nos permiten inferir que el tiempo de desarrollo tiende a disminuir si se cuenta con la guía de los pasos del método y con la definición en XML de la estructura de presentación y secuenciación de la estrategia pedagógica.

Los resultados obtenidos en esta prueba sirvieron como referencia para llegar a conclusiones sobre la influencia del nivel de conocimientos sobre los estándares en el tiempo de desarrollo utilizando herramientas como RELOAD. Si los desarrolladores tienen conocimientos muy básicos sobre las especificaciones y estándares, pero cuentan con guías para acometer el desarrollo de materiales y definiciones concretas sobre las estructuras de presentación y entrega, el desarrollo con la herramienta no resulta tan complicado, puesto que estas guías y definiciones vienen a suplir en cierto sentido la carencia en este tipo de herramientas de soporte para las etapas de selección y composición. Sin embargo, como en estas pruebas no se facilitaron guías, criterios y procedimientos para comprobar que el material creado satisface los requisitos planteados en el enunciado, se mantuvo el problema evidenciado en las pruebas I y II: la carencia de soporte para poder realizar la evaluación.

7.4.4 Resultados de la prueba IV

La encuesta de esta prueba está formada por 14 preguntas y los resultados de obtenidos se muestran en las Figuras del 7.1 a 7.13 en el cuarto cuadrante, segundo por la izquierda en la segunda fila e identificado como sección Prueba IV. Como en las pruebas anteriores, la primera pregunta tenía como objetivo recopilar información sobre la influencia del nivel de conocimientos del desarrollador sobre las especificaciones y estándares *e-Learning* en la facilidad para crear de un material conforme a las especificaciones. Los resultados se muestran en la Figura 7.1. En esta prueba los desarrolladores tenían un nivel medio de conocimiento sobre la estructura XML y los elementos de las especificaciones, puesto que habían realizado otras prácticas de desarrollo con estas especificaciones, por lo que la mayoría de ellos, el 66%, evaluó el desarrollo como normal.

Las preguntas 2 y 3 se dedicaron a recabar información sobre la etapa de selección. En el enunciado de la práctica se proporcionaba una descripción bastante exacta sobre las características de los contenidos que debían crearse y los prototipos de las herramienta MD2tool proporcionados permitían la localización y recuperación de los contenidos. Como se muestra en la Figura 7.2, según las respuestas de la mayoría de los participantes, un 66%, la información facilitada les ayuda mucho para poder buscar,

crear o modificar los contenidos para el curso que debían desarrollar. Mientras que la mayoría (67%) expresaba en sus respuestas a la pregunta 3, presentadas en la Figura 7.3, que la ayuda de las descripciones proporcionadas, facilitó la adaptación de los contenidos a los requisitos planteados y el proceso les resultó normal. Esto se debe a que disponían los prototipos en los que se incluyen guías y facilidades de edición para realizar las modificaciones pertinentes.

La pregunta 4 tenía como meta obtener información sobre la etapa de composición, especialmente si conocer cuales contenidos debían emplearse y disponer del fichero XML de la estructura de la estrategia pedagógica que define el curso a crear les servía de ayuda para realizar la composición. Los resultados de esta pregunta se muestran en la Figura 7.4 y para la mayoría de los participantes, el 83%, les ayudaba mucho (50%) y bastante (33%). Esto se debe a que la información proporcionada les evitaba tener que generar desde cero la estructura del curso y en la composición podían pasar directamente a la integración de los contenidos en la estructura del material.

Las preguntas 5 y 6 tenían como fin obtener información sobre si el hecho de disponer de la estructura XML de la estrategia pedagógica les facilitaba llevar a cabo la etapa de composición. Como se muestra en la Figura 7.5, en las respuestas a la pregunta 5, la mayoría de los encuestados, el 72% respondió que disponer de dicha estructura les suponía bastante ayuda para la composición. Mientras que las respuestas a la pregunta 6, mostradas en la Figura 7.6, confirmaban que disponer de la estructura XML para la presentación y secuenciación de la estrategia pedagógica y de facilidades para obtener los contenidos hacen que la integración como parte de la composición resulte normal (60%).

Las preguntas 7, 8 se dedicaron a indagar sobre las facilidades de los prototipos UoLComposer y QTIComposer para visualizar el material creado como paso previo a la evaluación. Como se muestra en la Figura 7.7, la mayoría de los participantes: el 83%, respondía que la opción de Visualizar el material de UoLComposer, les ayudaba bastante (50%) y mucho (33%) en la comprobación del funcionamiento correcto del material y conformidad con la especificación. Mientras que el 87%, mostrado en la Figura 7.8, respondía que la opción de Visualizar el material de QTIComposer les ayudaba bastante (72%) y mucho (14%) en la comprobación del funcionamiento correcto del material y su conformidad con la correspondiente especificación.

En la pregunta 9 se indagaba sobre la importancia de disponer de criterios para la evaluación del material en relación con su utilidad pedagógica y usabilidad. Como se muestra en la Figura 7.10, la mitad de los participantes respondió que era complicada al no disponer de suficientes criterios específicos y explícitos. Mientras que a la otra mitad le parecía normal la evaluación sin estos criterios. En cualquier caso las respuestas a esta pregunta junto a las preguntas de la 7 a 9 confirman la necesidad de que las herramientas de autoría ofrezcan no sólo opciones de visualización para la comprobación del funcionamiento, validez y conformidad con las especificaciones del

material creado, sino que además incluyan criterios bien especificados y mecanismos de evaluación para poder realizar las correspondientes valoraciones sobre su capacidad de ser un soporte efectivo al proceso educativo.

Las preguntas 10 y 11 se dedicaron a valorar el desarrollo de los materiales utilizando los prototipos UoLComposer y QTIComposer. En la Figura 7.12 se muestra que la mayoría 67% definió el desarrollo como normal utilizando ambos prototipos. Esto se debe a que no es necesario un esfuerzo adicional por parte de los desarrolladores para crear el material debido las facilidades que ambos ofrecen para guiar y realizar las tareas de las etapas de selección y composición.

La pregunta 12 pretendía indagar sobre las facilidades ofrecidas por los prototipos para crear las anotaciones semánticas. Los resultados de esta pregunta se presentan en la Figura 7.11 y como se observa en ella, la mayoría, el 83% de los encuestados consideró que la creación de anotaciones semánticas fue sencilla. Esto se debe a que prototipos de acuerdo con la definición del método de desarrollo, generaran dichas anotaciones de forma transparente al desarrollador.

Por último, las preguntas 13 y 14 tenían el objetivo de recabar información sobre el tiempo dedicado al desarrollo de los diferentes tipos de materiales utilizando los prototipos. Los resultados de estas preguntas se presentan en la Figura 7.13. En las respuestas a la pregunta 13, la mayoría de los participantes, 67%, respondió que invirtieron entre 10 y 15 horas adicionales a las 4 horas semanales utilizadas en clases de práctica para el desarrollo de materiales QTI. Para la pregunta 14, igual porcentaje responde que el tiempo invertido en el desarrollo de los materiales UoL oscila entre 10 y 15 horas adicionales, es decir el tiempo de desarrollo disminuye en casi 5 horas en relación con los resultados de la prueba III. Esta información nos permite afirmar que la utilización de la guía basada en los pasos del método, disponer de las estructuras de presentación y secuenciación de los materiales y de las prototipos que implementan el método de desarrollo, facilitan el desarrollo y disminuye la carga de tiempo dedicada a la creación de los materiales.

Una vez mostrados los resultados de todas las pruebas podemos concluir que los datos obtenidos permiten demostrar que la utilización de los pasos del método como guía para el desarrollo y el uso de prototipos que implementan la arquitectura de la herramienta de autoría ofrecen un soporte adecuado para las diferentes etapas y ayudan a los participantes a afrontar la complejidad del desarrollo. Para el caso de la selección, las facilidades y guías para la selección ayudan a que la elección de los recursos sea más sencilla. Como muestran los datos en la Figura 7.2 se aprecia una tendencia ascendente que mejora del 25% en la Prueba I al 66% en la Prueba IV en la valoración de los participantes sobre que las facilidades ofrecidas ayudan mucho en la selección de recursos. En relación con la adaptación de los recursos a los requisitos planteados también se muestra una tendencia ascendente del 9% en la Prueba I al 33% en la Prueba IV en la valoración de la sencillez al realizar las modificaciones necesarias,

debido a que en la última se ofrecen las facilidades de edición necesarias para realizar las modificaciones y adaptaciones de acuerdo con los algoritmos del paso de selección definidos en el método.

En relación al soporte para la etapa de composición, el hecho de disponer de las plantillas de la estructura de presentación y entrega definidas como estructuras XML para la presentación y secuenciación basadas en las especificaciones y de los mecanismos de integración definidos por el método ayudan bastante en la realización de la composición. Por lo que no es necesario invertir tiempo adicional ni es necesario conocer los detalles de la especificación para llevar a término su diseño y la integración de los recursos en ella. Hecho que se puede contrastar con la tendencia ascendente de la valoración de las facilidades para el diseño de la estructura del 25% en la Prueba I que plantea que ayuda bastante al 85% expresado por los participantes en la Prueba IV y que se aprecia en la Figura 7.5. Además de la tendencia ascendente de la sencillez para la integración del 19% en la Prueba I al 60% en la Prueba IV mostrada en la Figura 7.6. También se ha valorado de manera positiva la posibilidad de visualizar e interactuar con el material una vez obtenido en la composición como paso previo a la evaluación, como se puede ver en Figura 7.7 en la tendencia del 31% (19% bastante, 13% mucho) en la Prueba I al 83% en la Prueba IV (50% bastante, 33% mucho) a valorar que las facilidades de visualización ayudan a comprobar el funcionamiento del material.

Sobre la etapa de evaluación, se demuestra necesidad de visualización para comprobar el funcionamiento como tarea previa a la evaluación de acuerdo con los datos previamente analizados. Pero también se aprecia que las facilidades ofrecidas para comprobar la conformidad con el estándar o especificación son necesarias pero no suficientes. Como se muestra en la Figura 7.10, los resultados no son concluyentes ya que los criterios facilitados no están especificados, ni se detalla el procedimiento para realizar la evaluación de la utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz. Pero lo que sí evidencian es la necesidad de disponer de información sobre aspectos, criterios y medios para procesar esta información de manera que pueda facilitarse la ejecución de la evaluación. Como en estas pruebas no se incluyó el prototipo Eval-MD2tool, para llegar a conclusiones sobre el soporte del método a la etapa de evaluación se analizan también los datos recopilados en la evaluación de expertos, que se presenta en la siguiente sección.

Respecto a la creación de anotaciones semánticas, la implementación en los prototipos del paso generación de anotaciones semánticas del método permite liberar al desarrollador de la obligación de conocer todos los detalles de la especificación IMS LRMI (LOM) para poder anotar las diferentes características del material creado y asegurar su potencial de reutilización. Esto se demuestra en la tendencia descendente de la valoración de que la anotación es complicada (muy complicada) expresada por un 43% (13%) en la prueba II al 0% en la Prueba IV.

A pesar de que los datos sobre el soporte a la evaluación no son concluyentes, se observa una tendencia a valorar mejor las facilidades de desarrollo utilizando el método como guía para trabajar con la herramienta RELOAD y los prototipos de la herramienta basada en el método en relación a las herramientas que no tienen ningún soporte del método como se puede apreciar en la Figura 7.12. Siendo valorado el desarrollo como normal por un 83% en la Prueba III (RELOAD con guía) y un 67% en la Prueba IV (prototipos) respecto al 37% en las Pruebas I y II en las que no hay ningún soporte del método. En relación con el tiempo invertido en el desarrollo como se muestra en la Figura 7.13 hay una tendencia a que éste disminuya de más de 20 horas en la Prueba I a un intervalo entre 10 y 15 horas en la Prueba IV, lo que viene a confirmar que las facilidades ofrecidas por el método hacen que los desarrolladores puedan afrontar mejor la complejidad del desarrollo, que disminuya la carga cognitiva y por tanto el tiempo asociado a la realización de cada una de las etapas del desarrollo.

En la siguiente sección se analizan los datos de la evaluación de expertos sobre la solución propuesta y se hace especial énfasis en la valoración del soporte a la etapa de evaluación.

7.5 Evaluación de expertos (P4)

El objetivo de prueba P4 fue la valoración de la factibilidad de la implementación del entorno de autoría propuesto y la utilidad de la solución a través de una evaluación de expertos. Para ello, en el escenario de evaluación participaron expertos en el dominio de conocimiento estudiado, en Educación, Tecnologías educativas e Ingeniería del Software (como área del dominio utilizado en la solución propuesta), que asistieron al taller *"Crafting didactic materials based on IMS LD: From Requirements to Evaluation"* realizado como parte de la conferencia ICALT08. En el taller se presentó la solución propuesta en este trabajo haciendo énfasis en el soporte a la etapa de evaluación dentro del desarrollo [100] y se entregó a los participantes un resumen en inglés de los Capítulos de la Solución acompañado de la descripción de una situación de desarrollo soportada por dos de los prototipos que implementan la solución: UOLComposer y Eval-MD2tool. Además se les pidió completar una encuesta cuyo contenido se ha incluido en el Anexo 4, bajo el título de Cuestionario de evaluación de expertos y que está disponible en la siguiente url: <http://md2.dei.inf.uc3m.es:8080/CuestionarioExpertos>

La encuesta está formada por 23 cuestiones, los valores de las respuestas de los criterios incluidos se distribuyen en una escala Likert de 1 a 5, donde 1 se corresponde con "Nada"; 2 "Poco", 3 "Indiferente-Normal", 4 "Bastante", 5 "Mucho". En el procesamiento de los datos se utiliza la mediana de las valoraciones obtenidas para cada criterio. Un total de 18 participantes respondieron a la encuesta, de ellos 2 eran expertos en Educación, 11 en Tecnologías educativas y 6 en Ingeniería del Software. A

continuación examinamos los resultados obtenidos y para el análisis nos auxiliaremos de las Figuras numeradas del 7.14 al 7.17 que recogen los datos sobre la valoración del modelo definido (7.14 y 7.15), del método (7.16) y la arquitectura para la herramienta generativa (7.17).

Para la valoración del modelo definido en la solución se utilizaron las preguntas del 2 al 12 y sus resultados han sido mostrados en las Figuras 7.14 y 7.15. La mayoría de los aspectos del modelo recibieron valores entre 3 (indiferente- normal) y 5 (muy/mucho). Como se aprecia en la Figura 7.14, los expertos destacaron la utilidad e idoneidad del uso de lógicas de descripción para definir los elementos en el meta-modelo (pregunta 3). Sobre las descripciones del modelo acerca los 2 componentes fundamentales del material: contenidos y estrategia pedagógica, el aspecto mejor valorado fue su consistencia y su utilidad (pregunta 6). La información proporcionada por el modelo para que el método guíe el desarrollo (pregunta 8) fue apreciada como necesaria, útil y realizable. Mientras que en la valoración general del modelo (pregunta 4) se destacó su utilidad, claridad y originalidad. Las valoraciones obtenidas para las vistas del modelo se presentan en la Figura 7.15.

Respecto a la agrupación en el meta-modelo de los elementos en 4 vistas (pregunta 7) las valoraciones más destacadas fueron su utilidad, comprensión, generalidad e idoneidad. La vista DC como facilitadora de información pedagógica de carácter general sobre el dominio de conocimiento para poder elegir los contenidos y estrategia pedagógica (pregunta 9) fue apreciada como útil, necesaria y apropiada. Mientras que la vista P como contenedora de información pedagógica sobre una situación específica (pregunta 10) fue valorada como necesaria y útil para poder realizar las etapas de selección y composición. Por su parte, la vista S como contenedora de las relaciones entre las descripciones generales del material y las descripciones de carácter más técnico y específico de los estándares (pregunta 11) fue valorada como necesaria, apropiada y útil. Por último, los aspectos más valorados de la vista C-U como fuente de información sobre objetivos, criterios para dar soporte a la etapa de evaluación (pregunta 12) fueron su utilidad, la necesidad de disponer de dicha información, su idoneidad y claridad.

Para la valoración del método se utilizaron las preguntas del 13 al 18 y sus resultados de presentan en la Figura 7.16. En la evaluación de los algoritmos definidos en el paso de Selección de recursos para ofrecer soporte a la elección de los recursos (contenidos y estrategia) más apropiados (pregunta 13) se destacó la apreciación de necesarios y apropiados. Mientras que para la concepción de la etapa de composición como la integración de los contenidos y la estrategia pedagógica con la estructura de presentación y entrega y la visualización del producto de la integración (pregunta 14) se resaltaron los valores de flexible, necesaria y útil. Por otra parte, el soporte ofrecido por el método para la etapa de evaluación (pregunta 15) fue valorado como necesario, apropiado y realizable. Mientras que la generación de anotaciones semánticas como un

proceso automático y transparente al desarrollador (pregunta 17) fue apreciado como muy apropiado, realizable y útil. De manera general, los algoritmos propuestos por el método para dar soporte al desarrollo (pregunta 16) fueron valorados como muy útiles, realizables y prácticos.

Para valorar la arquitectura para una herramienta de carácter generativo propuesta en la solución se usaron las preguntas 19 y 20 y sus resultados se presentan en la Figura 7.17. Los distintos módulos definidos en la arquitectura fueron valorados como necesarios, flexibles, realizables y útiles. Mientras que la valoración general de la arquitectura se destacó su carácter realizable y flexible.

La valoración general a la solución propuesta tomando en consideración el nivel de conocimientos sobre las especificaciones de los participantes fue obtenida a través de la pregunta 1. En sus resultados se destaca que aunque un porcentaje importante de los participantes (6 expertos en Ingeniería del Software y 2, Dominio Educativo) no conocía los detalles de las especificaciones, la solución fue apreciada como bastante apropiada y comprensible.

Por último, las preguntas 21 y 22 se dedicaron a recopilar información sobre las deficiencias de la solución y sus ventajas. Mientras que la pregunta 23 se centraba en determinar la disposición de los expertos a utilizar la solución propuesta. En el caso de las deficiencias (pregunta 21) uno de los comentarios más interesantes fue la dependencia del marco propuesto de la información pedagógica del dominio extraída de Ontologías. En el dominio que se centra la solución, Ciencias de la Computación, se dispone de la información sobre Cuerpo de Conocimiento del Plan de estudios de la titulación de Ciencias de la Computación recomendada por ACM [2] por lo que el proceso de extracción de la información pedagógica del dominio y la creación de una Ontología es bastante directo. Sin embargo para el resto de los dominios de conocimiento, si bien es cierto que existen varias ontologías de carácter pedagógico, los términos usados no son comunes en todas y en el método no se especifica cómo proceder en caso de que no se encuentre ninguna fuente consensuada ya sea una ontología o una taxonomía que describa las características pedagógicas del dominio especificado. Otra de las desventajas señalada por uno de los evaluadores es la dependencia del tiempo de respuesta en alguno de los módulos de la arquitectura de las facilidades de inferencia. Hecho que se podría apreciar en casos en que se necesiten realizar varias inferencias encadenadas o dependientes, la obtención del filtro para realizar ciertas consultas podría tardar un tiempo mayor del deseable, en función de la capacidad de procesamiento del servidor que ejecuta las inferencias, lo que puede traer como consecuencia que los tiempos de respuesta de la herramienta sean muy altos.

Como ventajas (pregunta 22) se destacó el comentario de otro experto que planteaba que “el marco propuesto puede ser una solución interesante y efectiva al desarrollo sobretodo para dar soporte a los participantes que no tienen conocimientos

sobre los estándares y especificaciones”, afirmación que refrenda la validez de la solución propuesta a la problemática del desarrollo. Por último, el 77% de los participantes expresó su disposición a utilizar una herramienta de autoría basada en la solución propuesta y se destacaron el carácter útil y realizable de la solución.

De acuerdo con los resultados obtenidos en las valoraciones de los expertos sobre la vista C-U del modelo, los mecanismos definidos en el método para la etapa de evaluación y de los módulos de la arquitectura propuesta y con los resultados obtenidos en la prueba P3 sobre el soporte del método para la etapa de evaluación se puede concluir que la información proporcionada por el modelo y los mecanismos definidos en el método son adecuados para facilitar la ejecución de la etapa de evaluación. .

7.6 Resumen del Capítulo

En este capítulo se han descrito las pruebas realizadas para la evaluación de solución propuesta. Sus objetivos eran valorar el modelo definido, el método como guía del desarrollo, la utilidad del entorno de autoría basado en la arquitectura propuesta. A modo de resumen, continuación describimos los detalles de las pruebas realizadas, sus objetivos particulares, los escenarios: participantes, casos de estudio y los resultados obtenidos.

- Evaluación analítica de la solución propuesta (P1):
 - Objetivos particulares: Diseño del meta-modelo (O1.1)
Diseño del método de desarrollo (O1.2)
Diseño de la arquitectura para la herramienta de autoría (O1.3)
 - Escenario: Participantes: autora de la solución
Casos de estudio: Las aportaciones de los tres elementos de la solución propuesta y las contribuciones de las soluciones basadas en modelo al soporte del desarrollo de materiales didácticos.
Criterios: Conjunto de criterios que describen los principales factores para resolver la problemática del soporte al desarrollo de materiales de acuerdo con la interpretación de la definición de Murray en [88]
 - Resultados: En comparación con las soluciones analizadas los tres elementos del marco propuesto por la solución (modelo, método y arquitectura) cumplen con todos los criterios para que una herramienta de autoría basada en el marco conceptual propuesto pueda ofrecer un soporte efectivo al desarrollo. Como se aprecia en la última columna de la Tabla 7.2.

- Valoración del modelo definido (P2):
 - Objetivos particulares: Diseño del meta-modelo (O1.1). Comprobación de la consistencia de la definición, verificación de su generalidad, capacidad descriptiva y de clasificación

- Escenario: Participantes: autora de la solución y 2 expertos en el dominio de conocimiento. Herramientas: Ontología educativa definida según el meta-modelo MD2 en formato OWL y el razonador *RACER* [46]
Casos de estudio: 30 muestras de materiales didácticos, de los cuales se conoce su tipo y temática.
- Resultados: De la primera prueba se obtuvieron datos que confirman que el modelo es consistente. De las segundas pruebas, el razonador, utilizando la información del modelo, clasificó el 73% de las muestras correctamente por su tipo y propuso la especificación adecuada para su presentación y entrega. Además de clasificar correctamente el 100% de las muestras por la temática (Ver Tabla 7.3). Por lo que la información que proporciona el modelo puede servir para ofrecer soporte a las etapas del desarrollo.
- Valoración de la utilidad del método para guiar el desarrollo (P3):
 - Objetivos particulares: Diseño del método de desarrollo (O1.2). Comprobación de la capacidad y utilidad del método como guía del desarrollo. Verificación de idoneidad del soporte ofrecido a cada etapa del desarrollo.
 - Escenario: Participantes: Estudiantes que cursaban la asignatura “Enseñanza asistida por ordenador” del 5to año de la Titulación Ingeniería Informática de la Universidad Carlos III de Madrid en los cursos 2006-2007 y 2007-2008.
Herramientas: Definición del método de desarrollo, prototipos que implementan la arquitectura de la herramienta MD2tool propuesta en la solución: UoLComposer, QTIComposer y herramientas de autoría que carecen de soporte de un método: RELOAD, Sled y QTIEditor de OLAT.
Mecanismos de recopilación de datos: Encuestas a participantes.
Casos de estudio: Dos situaciones de desarrollo de diferentes tipos de materiales, en las que los participantes tienen diferentes niveles de conocimientos de sobre las especificaciones: novel y medio. Se realizaron 4 pruebas cuya descripción general se presenta en la Tabla 7.4.
 - Resultados: Los datos obtenidos en las pruebas, mostrados en las Figuras 7.1 a 7.13, demuestran que el método es capaz de guiar el desarrollo, al ofrecer guías y medios para resolver las diferentes etapas del desarrollo. El soporte para la etapa de selección es idóneo puesto que se ofrecen guías y medios para poder elegir los recursos de contenido y estrategia pedagógica y en caso de ser necesario, crearlos, adaptarlos o modificarlos para que se ajustan a los requisitos de las situaciones de desarrollo. En el caso de la etapa de composición, el soporte del método es apropiado puesto que se ofrecen los medios (plantillas de la estructura) y mecanismos para la integración de los recursos en la estructura de presentación y entrega, así

como para la visualización y comprobación de la conformidad con la especificación y correcto funcionamiento del material como paso previo indispensable para la evaluación. Mientras que los datos obtenidos demuestran la necesidad disponer de criterios y procedimientos claramente especificados para llevar a cabo la evaluación. Dichos elementos están definidos en el método y la arquitectura propuesta por la solución pero no estaban implementados en los prototipos utilizados. Por lo que para llegar a conclusiones respecto al soporte para la etapa de evaluación se utilizan los datos obtenidos en la prueba de evaluación P4.

- Factibilidad de implementación del entorno o herramienta de autoría propuesto y valoración de la utilidad de la solución (P4):

- Objetivos particulares: Diseño del meta-modelo (O1.1)

Diseño del método de desarrollo (O1.2)

Diseño de la arquitectura para la herramienta de autoría (O1.3)

Valoración de la utilidad de la solución (modelo, método, arquitectura) y de la factibilidad de su implementación. Se hace especial énfasis en el soporte del método para la etapa de desarrollo.

- Escenario: Participantes: Conjunto de 18 expertos en el dominio de conocimiento estudiado, Educación, Tecnologías educativas e Ingeniería del Software, que asistieron al taller "*Crafting didactic materials based on IMS LD: From Requirements to Evaluation*" realizado como parte de la conferencia ICALT08.

Casos de estudio: Solución propuesta en este trabajo haciendo énfasis en el soporte a la etapa de evaluación dentro del desarrollo [100]. Resumen en inglés de los Capítulos de la Solución acompañado de la descripción de una situación de desarrollo soportada por dos de los prototipos que implementan la solución: UOLComposer y Eval-MD2tool.

- Resultados: Los datos obtenidos en las pruebas, presentados en las Figuras 7.14 a 7.17, muestran la apreciación de los expertos sobre la evaluación sobre la utilidad de las diferentes partes de la solución y la factibilidad de la implementación del marco conceptual propuesto. Se señaló que la información proporcionada por el modelo para que el método guíe el desarrollo como necesaria, útil y realizable. Se destacó especialmente la vista C-U como útil, apropiada y clara como fuente de información sobre objetivos, criterios para dar soporte a la etapa de evaluación. Mientras que los algoritmos definidos en el método como guía para el desarrollo fueron calificados como muy útiles, realizables y prácticos. y específicamente el soporte ofrecido para la etapa de evaluación fue apreciado como necesario,

apropiado y realizable. Por último, en la valoración general de la arquitectura se destacó su carácter realizable y flexible

Una vez concluidas las evaluaciones y analizados los resultados obtenidos en cada una de ellas, en el próximo Capítulo se describirán las conclusiones acerca del cumplimiento de los objetivos definidos en el Capítulo del Planteamiento del problema y la veracidad de la hipótesis de trabajo planteada. Se examinará la posible generalización de tales resultados y se analizará la aplicabilidad y validez de la solución propuesta a otras áreas relacionadas como podría ser la Web Semántica [15] o dominios en los que el desarrollo de artefactos software que tengan una complejidad similar

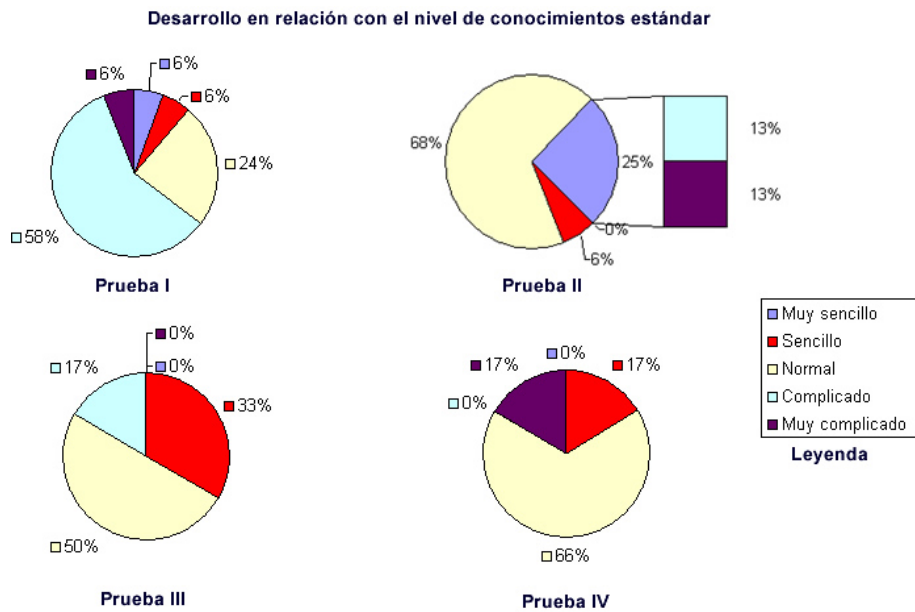


Figura. 7. 1. Análisis de los resultados: Desarrollo vs. el nivel de conocimientos sobre estándar.

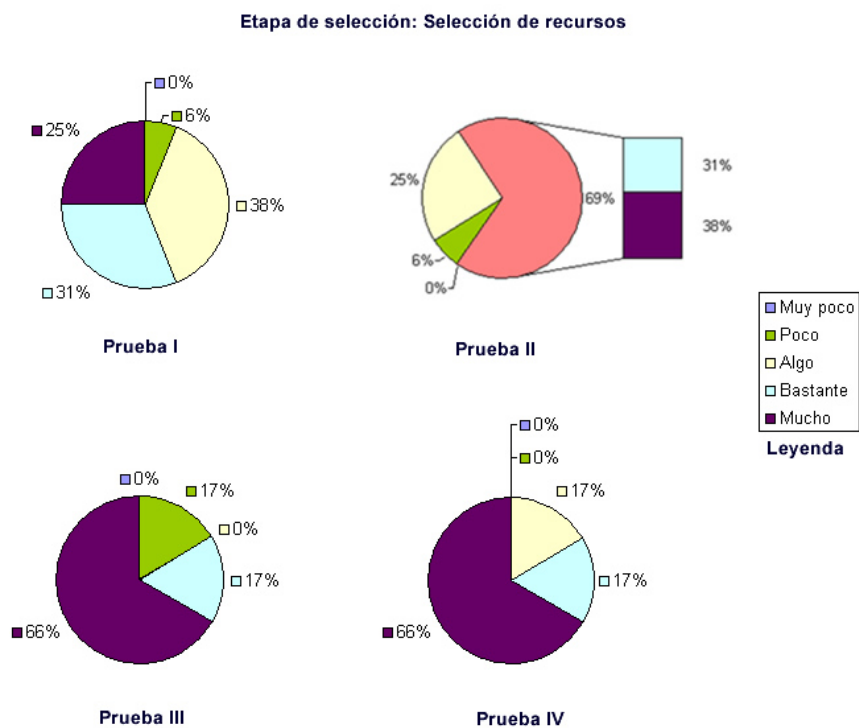


Figura. 7. 2. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de selección: Selección de recursos

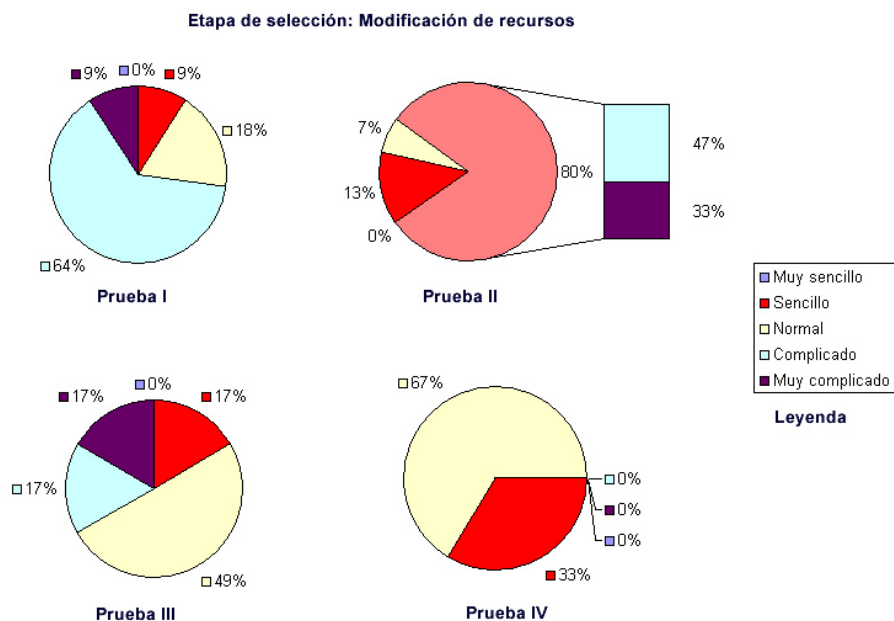


Figura. 7. 3. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de selección: Modificación de recursos.

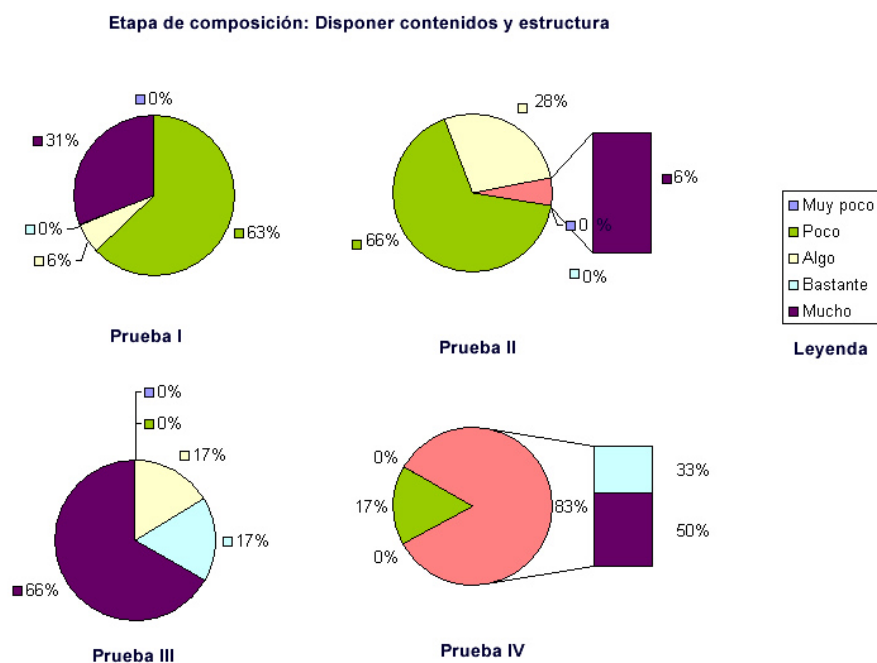


Figura. 7. 4. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de composición: Disponer de recursos y estructura.

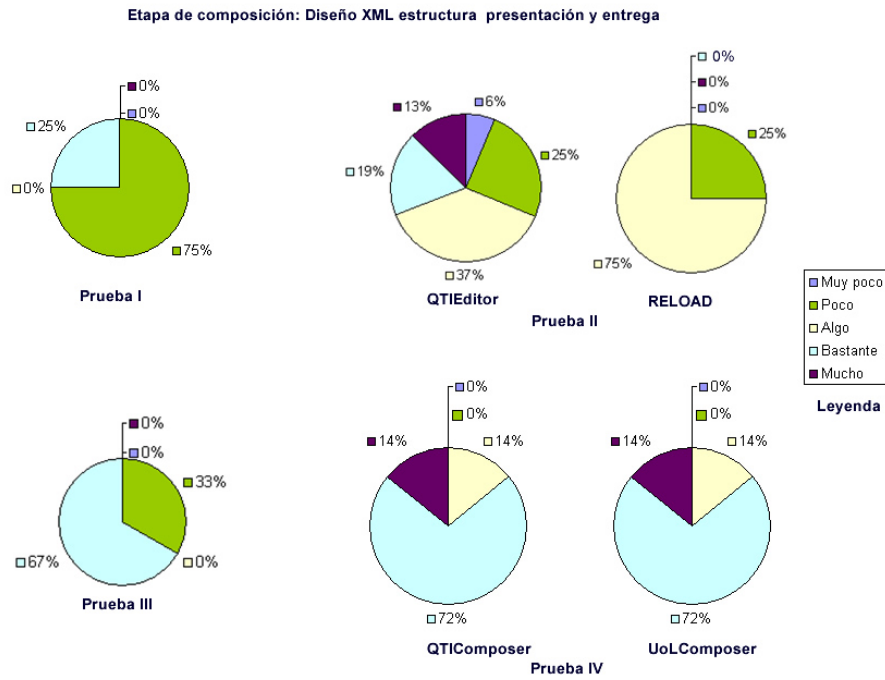


Figura. 7. 5. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de composición. Diseño de estructura presentación y entrega.

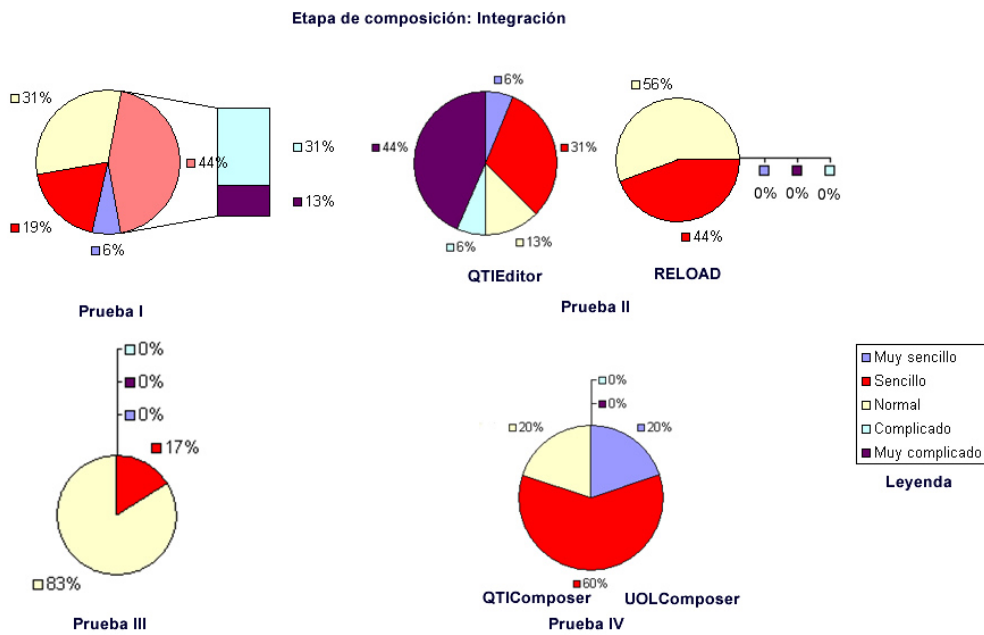


Figura. 7. 6. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de composición: Integración.

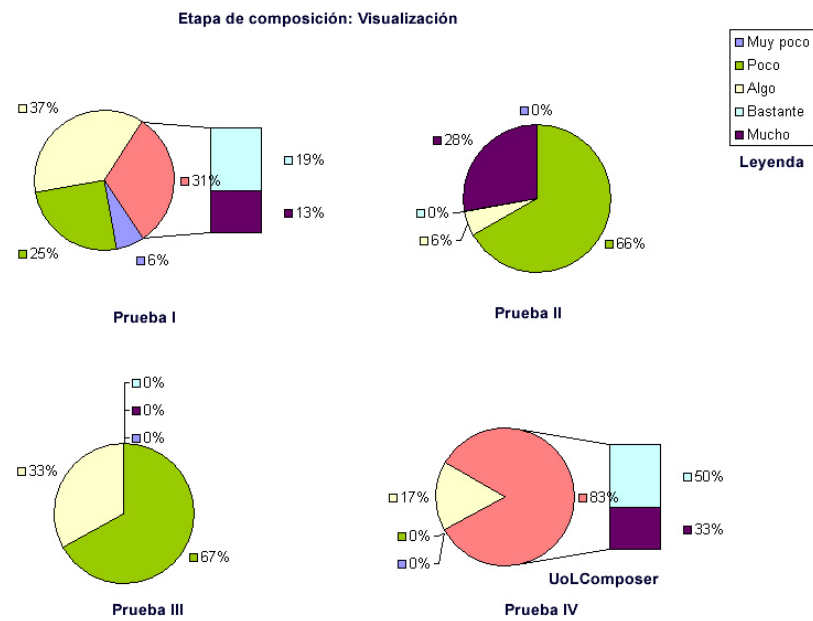


Figura. 7. 7. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de composición: Visualización.

Etapa de evaluación: Verificación funcionamiento e interacción

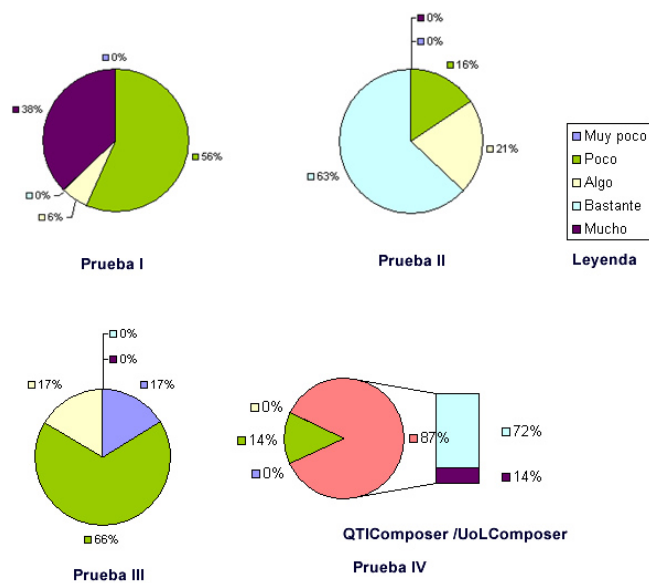


Figura. 7. 8. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de evaluación: Ayudas a comprobar requisitos no relacionados con el estándar.

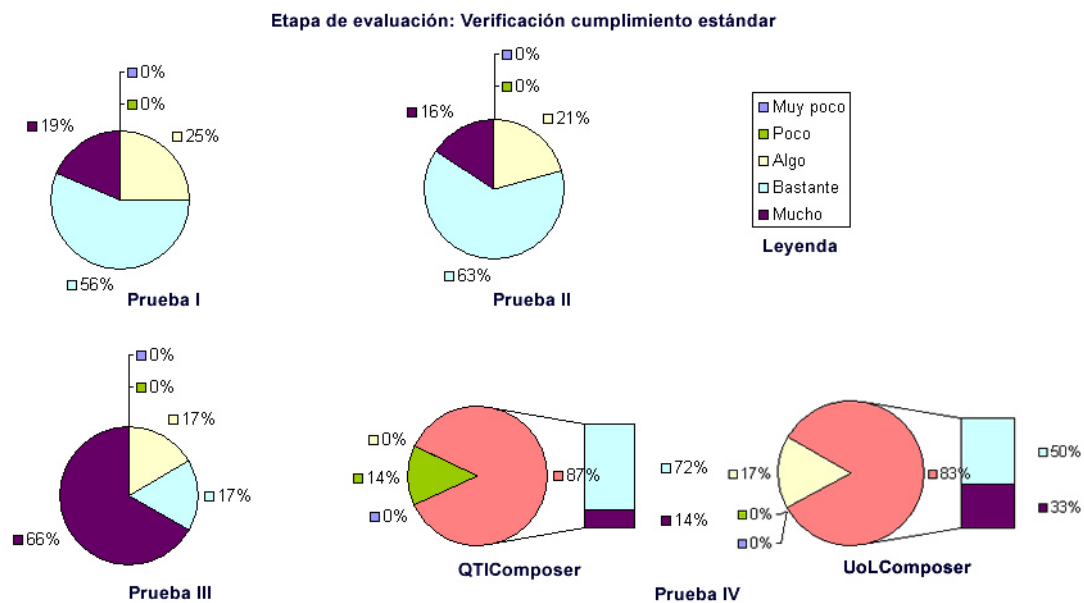


Figura. 7. 9. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Etapa de evaluación: Comprobación conformidad estándar.

Etapa de evaluación: No disponer criterios permite realizar la evaluación

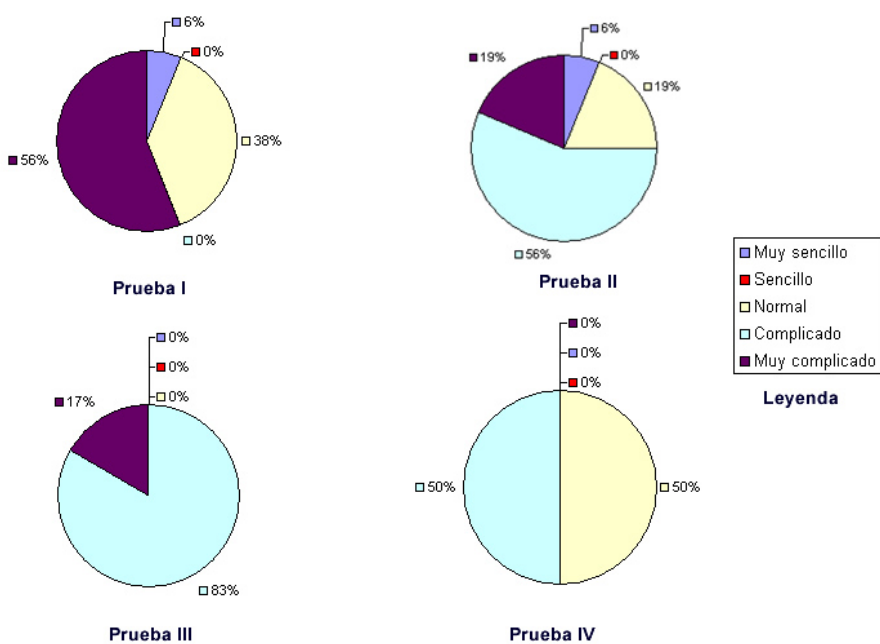


Figura. 7. 10. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Criterios para evaluar utilidad y usabilidad

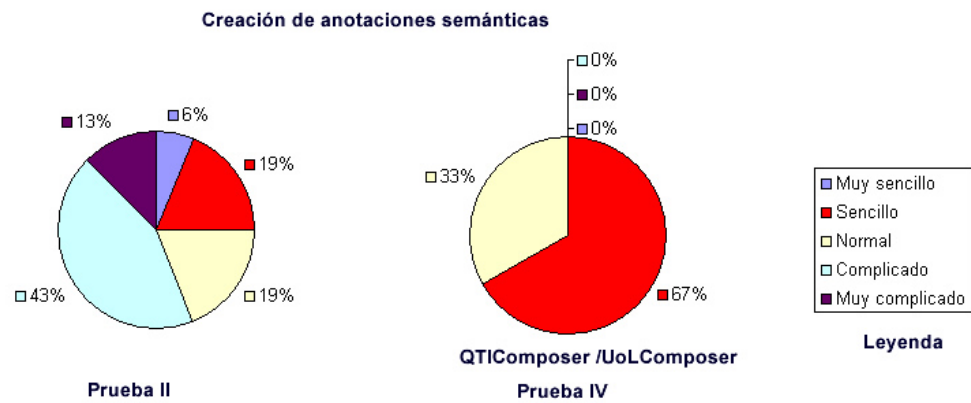


Figura. 7. 11. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Creación de anotaciones semánticas

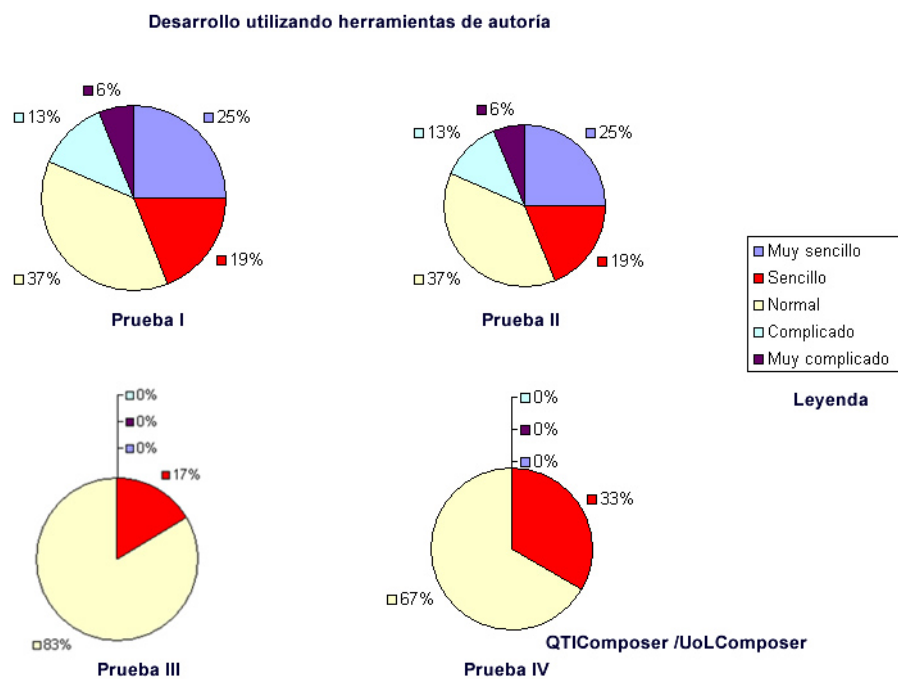


Figura. 7. 12. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Facilidades de desarrollo.

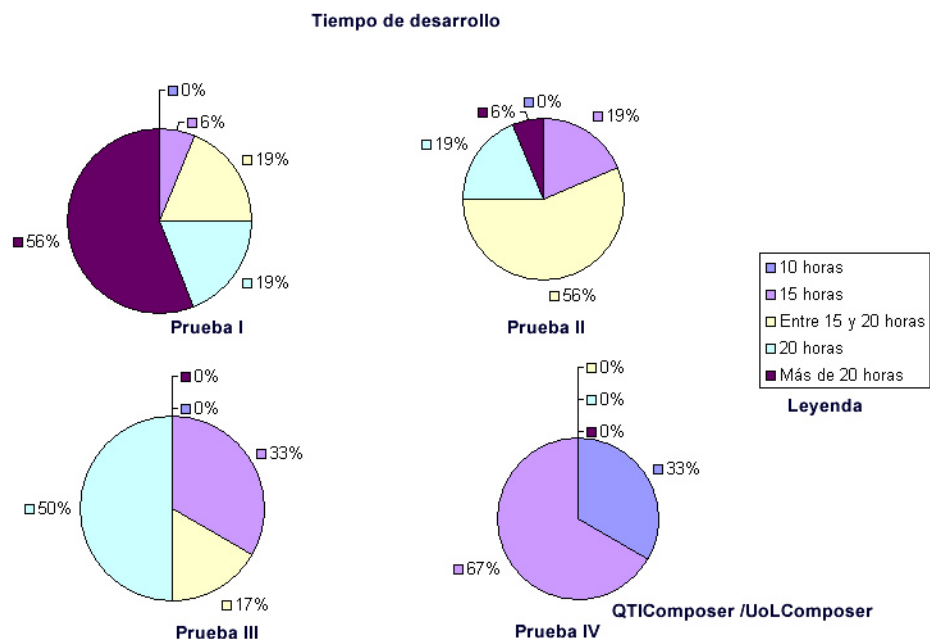


Figura. 7. 13. Análisis de resultados de las pruebas de evaluación del método: Tiempo de desarrollo.

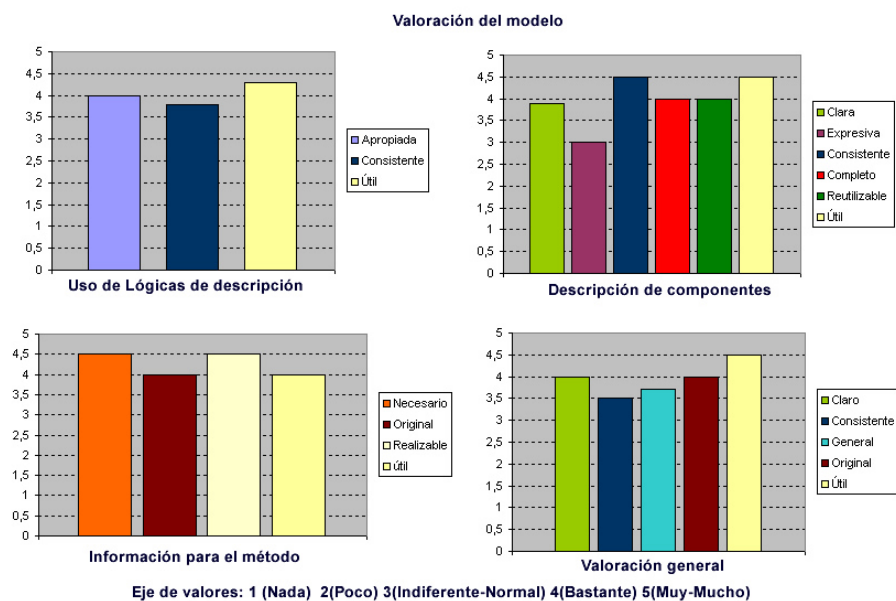


Figura. 7. 14. Análisis de resultados de la evaluación de expertos: Valoración del modelo.

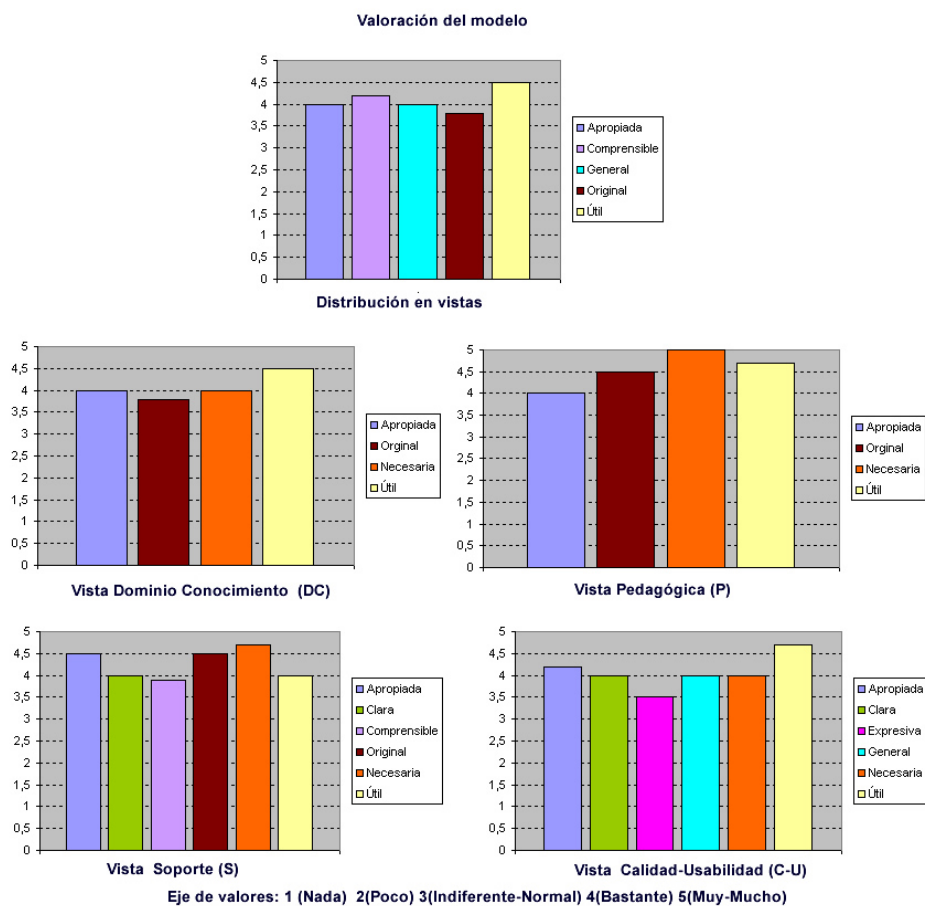


Figura. 7. 15. Análisis de resultados de la evaluación de expertos: Valoración del modelo II.

Valoración del método

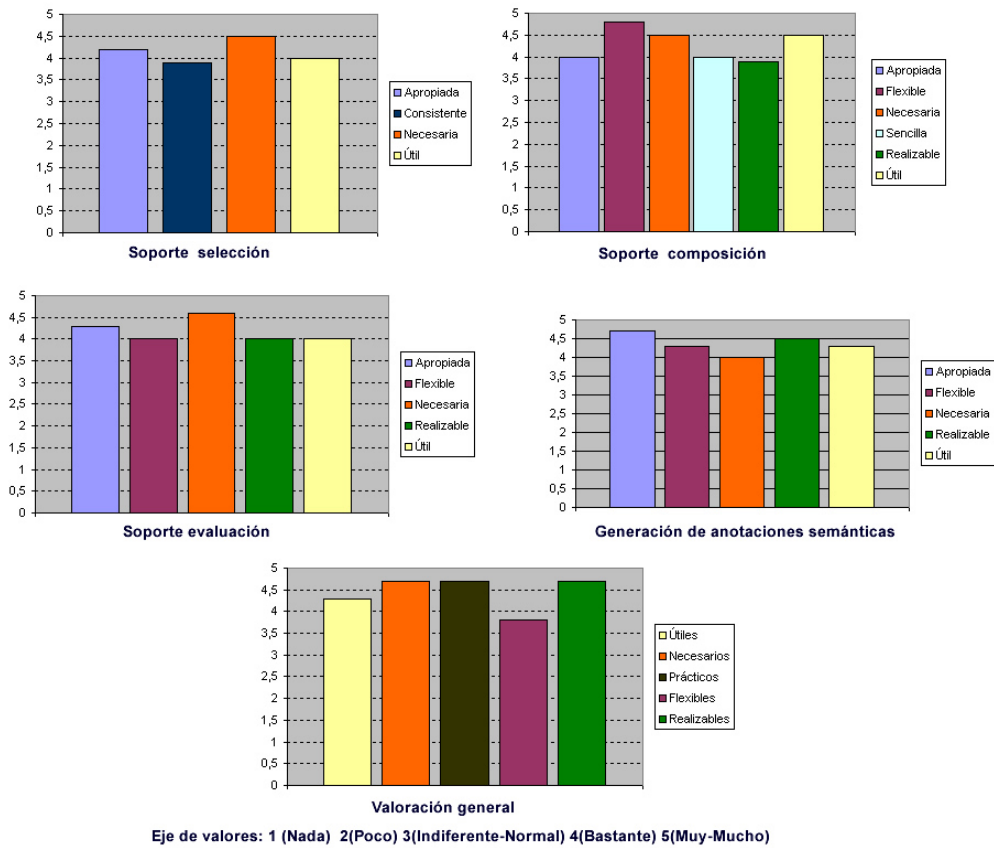


Figura. 7. 16. Análisis de resultados de la evaluación de expertos: Valoración del método.

Valoración la arquitectura

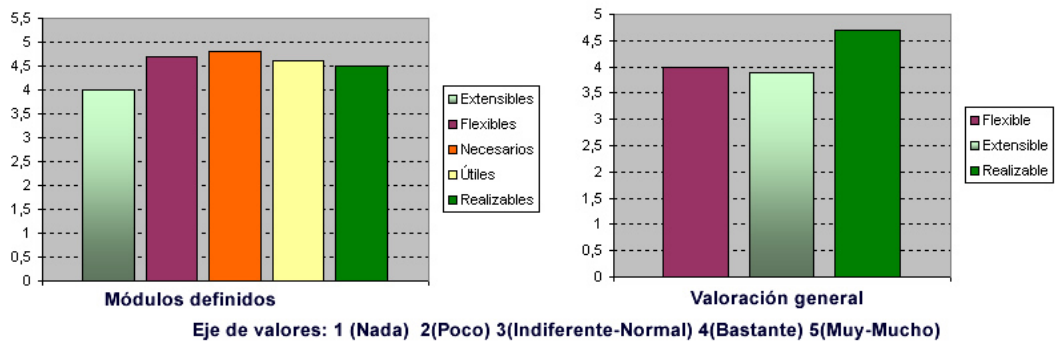


Figura. 7. 17. Análisis de resultados de la evaluación de expertos: Valoración de la arquitectura.

Capítulo 8 Conclusiones

8.1 Introducción

De acuerdo con la metodología de trabajo presentada en el Capítulo 1, en el presente capítulo se presentan las conclusiones derivadas del análisis de los resultados obtenidos en la evaluación de la solución propuesta. En las siguientes secciones se realiza un análisis comparativo entre los objetivos definidos para el trabajo y los resultados de la evaluación, se detallan las conclusiones para cada uno de los elementos del marco conceptual propuesto: modelo, método y arquitectura para la herramienta de carácter generativo. A continuación se presentan las aportaciones del trabajo y se analiza la aplicabilidad y validez de la solución a otros dominios de conocimiento. Seguidamente se detallan las principales deficiencias o limitaciones de la solución propuesta. Por último, se presentan los futuros relacionados y las posibles líneas de investigación que se abren como continuación del trabajo presentado

8.2 Conclusiones

El soporte al desarrollo de materiales, como se explicó en el Capítulo 2, ha sido abordado por un conjunto de soluciones basadas en modelos con diferentes niveles de éxito. Estas soluciones fueron también analizadas en el Capítulo 3 tomando en consideración un conjunto de criterios derivados de la definición de Murray sobre la efectividad de las herramientas de autoría [88] y su aplicación en el desarrollo de materiales potencialmente reutilizables y como soporte efectivo de un determinado proceso educativo. Como resultado de dicho análisis y tomando en consideración que tales soluciones no ofrecían un soporte adecuado para el desarrollo de materiales con las propiedades previamente enunciadas, se definió la problemática que necesita resolver para ofrecer soporte al desarrollo. Esta problemática se puede resumir en los siguientes aspectos: Necesidad de disponer de descripciones sobre los componentes del material y los requisitos para su desarrollo, en los que se tenga en consideración las propiedades deseables como reutilización, calidad vista como su valor pedagógico y usabilidad de su interfaz, además del cumplimiento de los estándares y especificaciones. Ausencia de métodos que organicen el desarrollo, que incluyan guías y mecanismos para ayudar a los desarrolladores a elegir el procedimiento de selección más adecuado a sus condiciones; que permitan la agregación e integración de los recursos en la estructura del material durante la etapa de composición; además de utilizar medidas, criterios y reglas que permitan controlar las propiedades deseables y el cumplimiento de los requisitos durante la etapa de evaluación. Por último, la

necesidad de extender la actual audiencia de los usuarios de las herramientas de autoría: desde los profesionales con conocimientos avanzados de los estándares hasta cualquiera que requiera desarrollar materiales didácticos ya sean profesores, tutores, diseñadores instructivos.

La hipótesis presentada en el Capítulo 3 y que sustenta la solución del presente trabajo de tesis a la problemática del soporte al desarrollo de materiales didácticos con las peculiaridades antes mencionadas, se basa en las siguientes suposiciones:

- H1.1. Si se dispone de medios para describir los componentes del material y los requisitos para que sea soporte efectivo de un determinado proceso educativo
- H1.2. Si se cuenta con un método capaz de procesar dicha información y que sirva de guía a las diferentes etapas del desarrollo.
- H2. Estos medios y guías servirán para crear herramientas de autoría que ofrezcan un soporte efectivo al desarrollo de materiales didácticos y ayudarán a los desarrolladores a afrontar la complejidad de esta fase de la creación de los materiales

La idea es que los usuarios de dicha herramienta puedan especificar los requisitos del material con un alto grado de abstracción sin necesidad de conocer los detalles de los estándares y su implementación, y la herramienta utilizando la información del modelo, guiada por el método sea capaz de inferir los detalles de más bajo nivel del diseño del material, permitiendo ensamblar los componentes del material en tiempo de ejecución o entrega y la generación de las debidas anotaciones semánticas, que incluyen elementos del modelo como descriptores del material y la razones de su desarrollo, favoreciendo su localización y futura reutilización. A través de esta herramienta también se comprobará la calidad del material obtenido a partir de la valoración de su utilidad pedagógica y la usabilidad de su interfaz, de modo que se pueda asegurar su capacidad para “soportar-apoyar” la consecución exitosa de los objetivos de aprendizaje de un proceso educativo.

En el Capítulo 7 se realizaron un conjunto de pruebas con el objetivo de verificar la validez de la hipótesis planteada, a través de la valoración del modelo definido, del método como guía para el desarrollo y la utilidad real del entorno de autoría basado en la arquitectura propuesta. En la Tabla 8.1 se muestra un resumen de las pruebas realizadas y de sus resultados. En las siguientes secciones presentamos conclusiones sobre cada uno de los objetivos de la tesis y a continuación se presentan las conclusiones generales sobre la validez de la hipótesis de trabajo.

8.2.1 Conclusiones sobre el modelo

El proceso de evaluación descrito en este documento ha probado la capacidad del modelo para aportar la información necesaria para poder ofrecer soporte a las diferentes etapas del desarrollo. Como conclusiones del análisis de los resultados de la prueba P1 se puede decir que el modelo incluye información los componentes del material: contenidos y estrategia pedagógica de forma que se puede asegurar el potencial de reutilización. La inclusión de información pedagógica sobre el dominio de conocimientos en la vista DC facilita los datos necesarios para que se puedan resolver interrogantes relacionadas con la selección de los recursos de contenidos y de la estrategia pedagógica más adecuada, además de proveer a la composición con las reglas de ordenación para acoplar los contenidos con la estrategia en la estructura de presentación de acuerdo con las reglas definidas en el elemento *DC_listadoCompetencias*, que describen de manera general los objetivos educativos que deben alcanzarse en el proceso educativo. Las relaciones definidas en los elementos de la Vista S que incluyen correspondencias entre las descripciones generales del material y las descripciones provenientes de los estándares y especificaciones permiten la creación de plantillas para la estructura de presentación y entrega del material que son utilizadas en la composición. Estas plantillas son representaciones en XML de instancias de los modelos de información de las especificaciones IMS LD, IMS QTI y IMS CP. Además las correspondencias definidas en el meta-modelo facilitan también que el proceso de creación de anotaciones semánticas sea transparente para el desarrollador y que se asegure la interoperabilidad del material y su potencial reutilizable.

Los resultados de la prueba P2, en la que se utilizaron 30 muestras de diferentes tipos de materiales, evidenciaron la capacidad del modelo para describir de forma general ambos componentes del material, para clasificar los diferentes tipos de materiales y proponer correctamente la especificación adecuada para cada tipo de material. Dichas capacidades permiten disponer de los datos necesarios para llevar a término la composición del material evitando que el desarrollador necesite conocer los detalles de los modelos de información de las diferentes especificaciones. En dicha prueba también quedó demostrada la facilidad del modelo para clasificar correctamente los materiales según su temática, hecho que es vital para poder elegir los recursos de contenidos, que cumplan además con el resto de requisitos pedagógicos en la etapa de selección. La mencionada capacidad permite que la información sobre el dominio de conocimiento también pueda ser utilizada en la etapa de evaluación para controlar no sólo el cumplimiento de los requisitos sino también la utilidad pedagógica

del material, elemento clave para decidir si éste puede servir de soporte efectivo a un proceso educativo.

Por último, las valoraciones de los expertos en la prueba P4 sobre el modelo definido destacan la utilidad e idoneidad de la información proporcionada por la vista C-U sobre los objetivos, criterios, reglas de agregación para la dar soporte a la ejecución de la etapa de evaluación. Los expertos de manera casi unánime valoraron la utilidad, necesidad y carácter práctico de la información que proporciona el modelo para ofrecer soporte a las diferentes etapas del desarrollo.

Las conclusiones antes presentadas sobre el análisis de los resultados de las pruebas P1, P2 y P4 realizadas como parte de la evaluación aportan datos que permiten confirmar que los elementos de la hipótesis H1.1 y H1.2 son válidos, puesto que el modelo aporta la información necesaria para que se puedan solucionar las diferentes interrogantes de las etapas del desarrollo y se aseguren las características deseables del material como su interoperabilidad, potencial de reutilización y capacidad para servir de soporte efectivo para el logro de los objetivos de un determinado proceso educativo.

8.2.2 Conclusiones sobre el método

Los resultados de las pruebas de evaluación de la solución también ofrecen datos interesantes sobre la capacidad del método y su utilidad como guía para el desarrollo. Como conclusiones del análisis de los resultados de la prueba P1 se puede afirmar que el método a través de la definición del paso Entrada de requisitos es capaz de procesar la información proveniente del modelo sobre el dominio de conocimiento y los requisitos pedagógicos y de soporte tecnológico para que sea posible ofrecer soluciones a las diferentes etapas del desarrollo. En el paso Selección de recursos se definen procedimientos para buscar, recuperar y crear los recursos más apropiados para los contenidos y para seleccionar la estrategia pedagógica más adecuada, de forma que se pueden resolver las interrogantes relacionadas con la etapa de selección. Por su parte, el paso Composición se definen los procedimientos para seleccionar la estructura de la presentación del material y de su estrategia pedagógica, la agregación de los contenidos seleccionados, su integración en la estructura seleccionada y la visualización del resultado de tal integración. Mientras que para resolver las interrogantes de la etapa de evaluación, el método MD2 define en el paso Evaluación los algoritmos necesarios para valorar la utilidad pedagógica del material obtenido y usabilidad de su interfaz, que están basados en los procedimientos de evaluación definidos para las aplicaciones de Hipermedia educativa presentados en la sección 2.5.1. Además se incluyen los algoritmos necesarios para facilitar la ejecución de procesos de re-diseño para los casos en que la valoración de la utilidad pedagógica y la usabilidad muestran que el material no puede servir de soporte efectivo a un proceso

educativo. Por último, el paso Generación de anotaciones semánticas del método define los algoritmos necesarios para asegurar que al concluir el desarrollo el material creado contiene anotaciones sobre sus características pedagógicas, de soporte tecnológico y sobre el dominio de conocimiento que facilitarán su posible reutilización. Además de las anotaciones sobre la ejecución de las diferentes etapas de su desarrollo que permiten también reutilizar la experiencia de creación en situaciones en las que se necesita desarrollar materiales con características similares.

El análisis de los resultados de la prueba P3, en la que se evaluaron 4 situaciones de desarrollo para 2 tipos diferentes tipos de materiales, evidencian que en las situaciones en que se disponía del método, el soporte ofrecido para la etapa de selección es adecuado para resolver de forma sistemática los problemas de esta etapa puesto que facilitaba guías y los medios necesarios para elegir los recursos más adecuados y para crear o modificar estos recursos en los casos en que fuera preciso ajustarles a los requisitos planteados. El soporte del método fue valorado como apropiado para solucionar la etapa de composición puesto que facilita las plantillas de la estructura de presentación y entrega conforme con las especificaciones y los mecanismos para la integración de los contenidos y estrategia pedagógica en dicha estructura, así como para la visualización del material y la comprobación de su conformidad con la especificación, de manera que se libera al desarrollador de la responsabilidad de realizar la composición manualmente y se asegura que el proceso no esté sujeto a errores por desconocimiento de los detalles de la especificación. Además, los datos obtenidos en las cuatro pruebas evidencian la necesidad de disponer de procedimientos de evaluación claramente especificados. El análisis de las valoraciones de los expertos en la prueba P4 sobre el soporte del método para la etapa de evaluación avala la utilidad e idoneidad de los algoritmos definidos en el paso Evaluación del método.

En la prueba P4 los expertos avalaron de manera unánime la utilidad, el carácter práctico y realizable de los algoritmos definidos para el resto de los cuatro pasos del método para resolver las interrogantes de las etapas del desarrollo.

Las conclusiones antes presentadas sobre el análisis de los resultados de las pruebas P1, P3 y P4 permiten afirmar que el método es capaz no sólo de procesar la información que le facilita el modelo sino que los algoritmos y mecanismos definidos en sus 5 pasos sirven de guía al desarrollo y ofrecen un soporte idóneo para resolver las interrogantes que surgen en las diferentes etapas del desarrollo.

8.2.3 Conclusiones sobre la arquitectura

En el caso de la arquitectura propuesta por la solución, los resultados de las pruebas de evaluación facilitan datos interesantes sobre la capacidad de las herramientas de

autoría basadas en la arquitectura para ayudar a los desarrolladores a afrontar la complejidad del desarrollo de materiales didácticos.

Como conclusiones del análisis de los resultados de la prueba P1 se evidencia la necesidad de contar con los medios que permitan implementar el marco conceptual formado por el modelo y el método para ofrecer soporte al desarrollo de materiales didácticos caracterizados por su potencial de reutilización y para facilitar el logro de los objetivos de un determinado proceso educativo. Por su parte en la prueba P4, las apreciaciones de los expertos sobre la arquitectura demostraron la utilidad de la arquitectura para facilitar a los desarrolladores las labores de cada una de las etapas del desarrollo del material, además de la factibilidad de la implementación de entornos de autoría basados en la arquitectura propuesta en la solución. Por lo tanto, la idea derivada de la hipótesis H3 también es válida, es decir, que los desarrolladores pueden especificar los requisitos del material en un lenguaje común y con un alto grado de abstracción, sin necesidad de conocer los detalles de los estándares o especificaciones *e-Learning* y de su implementación y se ha demostrado que la herramienta que usa la información del modelo y se basa en las guías del método es capaz de inferir los detalles de más bajo nivel del diseño del material, ensambla los componentes del material en tiempo de ejecución o entrega y genera las anotaciones semánticas, que incluyen elementos del modelo como descriptores del material y la razones de su desarrollo, favoreciendo su localización y futura reutilización. Además de gracias a este tipo de herramienta también es posible comprobar la calidad del material obtenido a partir de la valoración de su utilidad pedagógica y la usabilidad de su interfaz, de modo que se pueda asegurar su capacidad para “soportar- apoyar” la consecución exitosa de los objetivos de aprendizaje de un proceso educativo y su potencial calidad.

A modo de conclusión general podemos decir que como se muestra en la Tabla 8.1 los resultados de las pruebas realizadas durante el proceso de evaluación de la solución demuestran que cada uno de los supuestos de la hipótesis de trabajo son válidos para solucionar la problemática del soporte al desarrollo de materiales didácticos potencialmente reutilizables y que sirven como soporte efectivo a procesos educativos.









Tipo de pruebas	Identificador y objetivo de la prueba	Objetivos de la Tesis	Relación con la hipótesis	Satisfacción Hipótesis
Conceptual	P1- Evaluación analítica de la solución	O1.1 Diseño del meta-modelo.	H1.1	
		O1.2 Diseño del método de desarrollo	H1.2	
		O1.3 Diseño de la arquitectura para la herramienta de autoría	H2	
Empírica	P2- Valoración de la capacidad de descripción y clasificación del modelo definido.	O1.1 Diseño del meta-modelo.	H1.1	
	P3- Valoración de la utilidad del método definido como guía para el desarrollo.	O1.2 Diseño del método de desarrollo	H1.2	
	P4- Evaluación de expertos sobre la factibilidad de implementación y utilidad la solución.	O1.1 Diseño del meta-modelo.	H1.1	
		O1.2 Diseño del método de desarrollo	H1.2	
		O1.3 Diseño de la arquitectura para la herramienta de autoría	H2	

Tabla 8.1. Resultados de la valuación de la solución propuesta. Cumplimiento de la hipótesis de trabajo

8.3 Aportaciones

En el análisis realizado por Aroyo y Dicheva en [9] se plantea que un de los retos para las nuevas generaciones de sistemas educativos basados en web es ofrecer herramientas de autoría amigables al usuario, bien estructuradas, que mantengan un balance adecuado entre la utilización de la información semántica explícita en los diferentes dominios de conocimiento y la explotación de la información de carácter educacional. Las autoras proponen que este tipo de herramientas deben ofrecer la ejecución automática o semi-automática de algunas de las tareas de autoría, asistencias inteligentes a los desarrolladores en forma de pistas, recomendaciones, plantillas o templates basadas en el reconocimiento de la información incluida en ontologías relacionadas con los dominios de conocimiento cuyos contenidos se incluyen en los sistemas educativos. Tomando en consideración que el medio utilizado por excelencia en *e-Learning* es la web, la principal aportación de este trabajo de Tesis es la definición de un marco conceptual subyacente para herramientas de autoría que

viene a hacer realidad en cierta medida la manera de solucionar el reto planteado por las autoras en [9]. El marco conceptual propuesto por esta tesis organiza y ofrece soporte para la ejecución de las diferentes etapas del desarrollo de materiales didácticos que son potencialmente reutilizables y sirven de soporte efectivo a un determinado proceso educativo. Las aportaciones más relevantes de la solución propuesta pueden resumirse en las siguientes:

- El modelo MD2 que describe de forma general los requisitos para el desarrollo de materiales didácticos desde una perspectiva múltiple representada por cuatro vistas: Dominio de Conocimiento, Pedagógica, Soporte tecnológico y Calidad, que permiten configurar un proceso educativo bien formado según la definición de Koper en [69].
- En el meta-modelo MD2 se definen elementos descriptores de los requisitos pedagógicos y tecnológicos relacionados con los contenidos y la estrategia pedagógica que permiten establecer correspondencias con las descripciones de alto nivel técnico proporcionadas por los estándares de *e-Learning*. Estas correspondencias son utilizadas por el método MD2 para guiar y dar soporte a las etapas de selección y composición del desarrollo de materiales. Y gracias a estas descripciones, es posible disponer de plantillas para la presentación y entrega, que permitan llevar a término el desarrollo de materiales conformes con los estándares y especificaciones sin que los participantes necesiten conocer los detalles de los elementos de la especificación y su implementación. Por otra parte, un conjunto de las correspondencias definidas en el meta-modelo facilitan también que el proceso de creación de anotaciones semánticas sea transparente para el desarrollador, aliviándole del trabajo de crear manualmente las anotaciones, de forma que se asegura la interoperabilidad del material obtenido y por tanto, su potencial de reutilización.
- Los descriptores de la vista de Calidad del modelo MD2 ofrecen la información necesaria para poder controlar que el material creado satisface los requisitos mínimos de usabilidad de su interfaz y utilidad pedagógica. Gracias a ello, una vez que culmina la etapa de evaluación, los desarrolladores tendrán cierto grado de confianza sobre la capacidad del material para servir de soporte efectivo a una determinada situación instructiva y de su calidad potencial.
- El método MD2 organiza el desarrollo a través de 5 pasos que definen algoritmos y guías para sea posible resolver los problemas relacionados las diferentes etapas del desarrollo.
- Los metadatos y las anotaciones semánticas son los pasos iniciales para favorecer la reutilización, puesto que permiten a los distribuidores (creadores) describir los recursos para que sean localizados por sus usuarios potenciales [103]. En el método MD2 se define que toda la información que ha sido utilizada a lo largo del proceso de desarrollo se guarde automáticamente en forma de anotaciones

semánticas extendidas en el mismo Repositorio. Estas anotaciones extendidas incluyen los descriptores del modelo MD2 conformes con IMS LRMI (IEEE LOM) y las justificaciones de cada decisión tomada durante el desarrollo (*development rationales*). La disponibilidad de estas anotaciones permitirá asegurar el potencial de accesibilidad, reutilización, la capacidad de personalización del material obtenido. Además se facilita y reducen los costes relacionados con futuros desarrollos de materiales con características o requisitos similares.

- La arquitectura propuesta para una herramienta de autoría de carácter generativo está formada por un conjunto de módulos que utilizando la información proporcionada por los elementos definidos en el meta-modelo MD2, están encargados de la implementación de los algoritmos definidos para cada uno de los pasos del método MD2. Los usuarios de esta herramienta pueden especificar los requisitos del material en un lenguaje natural, sin necesidad de conocer los detalles de los estándares o especificaciones e-Learning y de su implementación, y la herramienta utilizando la información del modelo, guiada por el método está capacitada para inferir los detalles de más bajo nivel del diseño del material, permitiendo configurar y ensamblar automáticamente los componentes del material en tiempo de ejecución o entrega, además de generar las debidas anotaciones semánticas, que incluyen elementos del modelo como descriptores del material y la razones de su desarrollo, favoreciendo su localización y futura reutilización. Por otra parte, la herramienta permite valorar la utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz del material para determinar la capacidad del material para “soportar-apoyar” la consecución exitosa de los objetivos de aprendizaje de un proceso educativo. Además la herramienta facilita al desarrollador recomendaciones para el re-diseño del material, de manera que se logre que el material tenga valores aceptables de utilidad pedagógica y usabilidad de su interfaz y pueda servir como soporte efectivo al proceso educativo

8.4 Aplicabilidad de la solución propuesta a otros dominios

Al analizar la generalidad de la solución propuesta se observan dos posibles tipos de su aplicación: la primera, en el desarrollo de materiales didácticos en dominios de conocimientos diferentes a Ciencias de la Computación y la segunda, en la Web Semántica para el desarrollo de artefactos estructurados de cualquier dominio de aplicación.

La primera forma de aplicación será posible en los siguientes dominios: Ingeniería de Computadores, Ingeniería del Software, Sistemas de Información y Tecnologías de Información puesto son disciplinas similares al domino utilizado en la solución y su

información pedagógica también ha sido descrita por la ACM [2] por lo que el proceso de obtención de los datos para la vista DC es igual al definido en la solución. Esta forma de aplicación también es posible para aquellos dominios en los que se pueda obtener su información pedagógica y que ésta incluya datos relativos a las temáticas a tratar, relaciones entre precedencia entre ellas, las competencias a alcanzar en procesos educativos basados en dichas temáticas y las recomendaciones del tiempo necesario para su logro. En estos casos para poder aplicar la solución, será necesario extender la definición de la extracción de dicha información para poder instanciar los diferentes elementos de la vista DC del modelo. En relación a las posibles estrategias pedagógicas a utilizar en un dominio en particular existen estudios como el realizado en el Tecnológico de Monterrey [76] en el que se especifican cuales son las técnicas pedagógicas más recomendadas para crear estrategias en los diferentes dominios. Muchas de las estrategias que han sido utilizadas en la definición del modelo, pueden aplicarse a varios dominios y en los casos en que sean necesarias más estrategias, en la definición del elemento *P_estrategia* del meta-modelo MD2 se ha incluido el valor "Otras" para el atributo TipoEstrag, por lo que será preciso describir de las actividades a realizar de acuerdo con la técnica especificada. Una vez, que se disponga de esta información, las correspondencias definidas en la Vista S permitirán la generación de plantillas para la estructura y presentación del material tomando en cuenta la estrategia definida.

Tomando en cuenta que la solución, presentada en este trabajo, es una adaptación de la aplicación de la lógica de descripciones como herramienta para la configuración de sistemas. La segunda forma de aplicación de la solución propuesta puede ser en la Web Semántica para obtener de manera automática o semi-automática artefactos software cuyas características generales y estructura pueda ser descritas o modeladas en formato XML. Los 5 pasos del método utilizando la información de dicho modelo, ayudaran en la recopilación de los requisitos que debe cumplir el artefacto, la selección de los recursos más apropiados, su integración en la estructura del artefacto, su visualización o ejecución como paso previo a la evaluación de su correcto funcionamiento y cumplimiento con los requisitos y por último la generación automática de anotaciones semánticas que permitan localizar y reutilizar el artefacto.

8.5 Carencias y limitaciones

En el Capítulo 3 se define la problemática del soporte al desarrollo de materiales, analizando que es un proceso complejo y que para poder ofrecerle un soporte efectivo de acuerdo con la definición de Murray en [88] es necesario tomar en consideración no sólo las peculiaridades de cada una de las etapas del proceso sino la diversidad de experiencia de los participantes y el conjunto de características deseables para el material como resultado del proceso. Como demuestran los resultados de la evaluación

realizada, nuestra solución es capaz de resolver la mencionada problemática, sin embargo esta solución presenta algunas limitaciones y carencias que analizamos a continuación.

Como demuestran los datos obtenidos en las pruebas de evaluación P2 y P4 la información proporcionada por el modelo es clave para que el método pueda ofrecer soluciones efectivas a cada una de las etapas. Una de las limitaciones de la solución propuesta es asumir que se dispone de la información pedagógica del dominio y consecuente con ello, la dependencia del marco propuesto de la información de este tipo extraída de las Ontologías de dominio. En el dominio que se centra la solución, Ciencias de la Computación, se dispone de la información sobre Cuerpo de Conocimiento del Plan de estudios de la titulación de Ciencias de la Computación recomendada por ACM [2] por lo que el proceso de extracción de la información pedagógica del dominio y la creación de una Ontología puede ser relativamente sencillo. Sin embargo, para dominios de conocimiento distintos a los mencionados en la sección 8.4 (Aplicabilidad de la solución), si bien es cierta la existencia de taxonomías para describir los diferentes dominios y varias ontologías de carácter pedagógico, la información utilizada en la solución no es necesariamente fácil de extraer puesto que los términos usados pueden existir en las diferentes taxonomías u ontologías pero no tienen la misma denominación y en el método no se especifica cómo proceder en caso de que no se encuentre ninguna fuente consensuada ya sea una ontología o una taxonomía que describa las características pedagógicas del dominio especificado. Por lo que para estos dominios sería necesario identificar cuales son las diferentes fuentes de información y analizar cual deberá ser el procedimiento a seguir para extraer la información de estas fuentes para poder obtener los datos que permitan instanciar los diferentes elementos de la vista DC del modelo MD2.

Otra limitación observada por uno de los expertos que valoró la solución en la prueba P4 es la dependencia del tiempo de respuesta de los módulos de la arquitectura de las facilidades de inferencia. Esta limitación podría apreciar en el aumento del tiempo de respuesta más allá de lo deseable en aquellos casos en que se necesiten realizar varias inferencias encadenadas o dependientes para la obtención de filtros para realizar ciertas consultas durante la etapa de selección. Por lo que será necesario realizar pruebas que comprueben la capacidad efectiva de procesamiento del servidor que ejecuta las inferencias, para asegurar que los tiempos de respuesta de la herramienta en tales casos sean aceptables.

8.6 Trabajos y líneas futuras de investigación

A lo largo del desarrollo de este trabajo de tesis, así como tras su finalización, se han observado posibles líneas de trabajo futuras que incluyen, por una parte, extensiones al método de desarrollo propuesto relacionadas con su aplicación práctica, y por otra

parte, líneas de investigación que complementan el trabajo presentado. En esta sección se describen las más significativas.

8.6.1 Extensiones al trabajo realizado

En esta sección se presentan algunas de las ampliaciones al método de desarrollo propuesto cuya realización se prevé abordar a corto plazo:

- Análisis de los factores necesarios para poder definir un procedimiento que sirva de guía en el desarrollo de materiales didácticos con requisitos similares a otros previamente creados en el entorno de autoría propuesto, a través del procesamiento de la información sobre las razones de desarrollo incluidas en el fichero *developmentrationales.xml* que se obtiene del paso Generación de anotaciones semánticas del método de desarrollo. De forma que el desarrollo en estos casos sea más rápido, se economicen recursos y se aproveche mejor la experiencia anterior.
- En la versión actual del método en el paso Selección de recursos no se especifica claramente como proceder a la selección en Repositorios externos, por lo que será necesario proponer un procedimiento de selección basado en servicios web que tenga en consideración las reglas de acceso y mecanismos de recuperación de repositorios externos al entorno propuesto para completar el algoritmo del paso de selección del método para aquellos casos en los que es necesario localizar y recuperar recursos de contenidos en repositorios externos al entorno.
- En esta versión actual de la definición del paso Evaluación del método no se profundiza en la forma de computar la evaluación de los objetivos en la fase de evaluaciones de carácter colectivo, por lo que es necesaria una clara definición de un procedimiento de agregación basado en operadores LWA [47] que tenga en consideración que las valoraciones de los distintos participantes pueden tener diferente importancia o peso en el valor final de la evaluación.

8.6.2 Líneas de investigación

Como línea de investigación complementaria al presente trabajo de tesis está la Evaluación de materiales didácticos en las diferentes fases de su creación. De manera general, estos materiales que no deben necesariamente cumplir con las especificaciones y estándares de e-Learning aunque es deseable que lo hagan. En este contexto es importante el análisis de la factibilidad de la utilización en la fase de diseño no sólo de heurísticas para la valoración de cada aspecto de los criterios de evaluación, como se hace en la tesis, sino que éstas se combinen con métricas de carácter objetivo de las áreas de Hipermedia y Web [17; 44, 83; 65; 128] que permitan calcular de manera automática y transparente al desarrollador los valores de

ciertos elementos importantes en su estructura y modelo de navegación, gracias a los cuales se puedan ofrecer recomendaciones al diseñador que aseguren la utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz del material diseñado. En esta línea puede ser interesante analizar como generar recomendaciones para el re-diseño tomando en consideración que algunas de estas métricas pueden aplicarse a los diferentes tipos de materiales y en especial, aquellos en los que utilicen diferentes técnicas pedagógicas. La idea sería intentar encontrar o definir relaciones entre los valores de estas métricas en materiales basados en diferentes técnicas pedagógicas para poder hacer recomendaciones de rediseño sobre las estructuras y modelos de navegación más adecuados de forma que se pueda asegurar la utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz del material desde la fase de diseño de su creación y completar así el enfoque usado en la solución propuesta por el presente trabajo de tesis, que se centra en la fase de desarrollo.

En esta línea, otro trabajo interesante puede ser generar recomendaciones para el rediseño considerando la valoración del rendimiento y efectividad de la ejecución del material por parte de los tutores de un determinado proceso educativo cuando el material es utilizado como soporte. Además de la inclusión del mecanismo de adaptación de procesos de aprendizaje definido en [100] para sea posible la incorporación automática de estas recomendaciones en el proceso de desarrollo utilizando el entorno propuesto por nuestra solución. Para lograr esto, es preciso analizar e implementar la representación de los elementos de las recomendaciones para el re-diseño definidos en el meta-modelo de nuestra solución en el modelo de adaptación propuesto en [100]. Una opción que merece ser estudiada es obtener las correspondencias entre los elementos de los dos modelos utilizando reglas de transformación de grafos [39] que utilicen la información del meta-modelo del lenguaje origen, el meta-modelo MD2 y los datos del meta-modelo destino presentado en [99] .

Anexo 1. Lógica de descripciones

El objetivo de este anexo es presentar brevemente las lógicas de descripciones, la familia de lenguajes de lógicas AL y especialmente la lógica *ALC*, la notación empleada y su sintaxis, de manera que sea posible entender los detalles del meta-modelo MD2, descrito usando este lenguaje y presentado en el Capítulo 4. Además, se explican las razones que fundamentan el uso de las Lógicas de descripciones como herramientas de modelado y para resolver problemas de configuración.

A1.1 Lógica de descripciones

Las lógicas de descripciones [10] constituyen una familia de formalismos lógicos para la representación de conocimiento basados en lógica de marcos y redes semánticas. Se utilizan para representar el conocimiento de un dominio de aplicación mediante la definición de los conceptos más relevantes de ese dominio (su terminología) y las relaciones existentes entre ellos para después poder especificar las propiedades de los objetos de individuos de dicho dominio.

Las lógicas de descripción están dotadas con una semántica formal basada en lógica e incluyen:

- Un formalismo descriptivo: terminología descriptiva que define conceptos, roles, individuos y constructores.
- Un formalismo terminológico: axiomas terminológicos que introducen descripciones complejas y propiedades de la terminología descriptiva.
- Un formalismo asertivo: que introduce propiedades de individuos.

Además tienen la capacidad de inferir nuevo conocimiento a partir de conocimiento dado.

Los elementos centrales del alfabeto del lenguaje de las lógicas de descripción son:

- Nombres de concepto (*concept name*) CN: definen el nombre de un grupo de objetos.
- Nombres de rol (*role name*) R: define o asigna un nombre a una relación entre objetos.
- Nombres de individuos (u objetos): los individuos son instancias de los conceptos y también se pueden relacionar por medio de un rol.
- Constructores (*constructor*): relaciona nombres de conceptos y nombres de roles, y también permite crear conceptos complejos (*complex concepts*) a partir de conceptos atómicos.

- Definiciones de conceptos complejos: usa los símbolos $\overset{\cdot}{=}$ para declarar conjunto de igualdades y $\sqsubseteq, \triangleleft$ para conjuntos de inclusiones.

Un sistema de representación del conocimiento basado en lógica de descripciones o base de conocimiento está constituido por un conjunto de finito de aserciones y axiomas terminológicos. Este tipo de sistema, como se muestra en la Figura A1.1, está formado por dos componentes básicos: *TBox* y *ABox*. El primero incluye la terminología (vocabulario del dominio de aplicación formado por la definición de conjunto de conceptos) y el segundo, las aserciones (individuos definidos según la terminología a partir de las relaciones entre éstos y los conceptos).

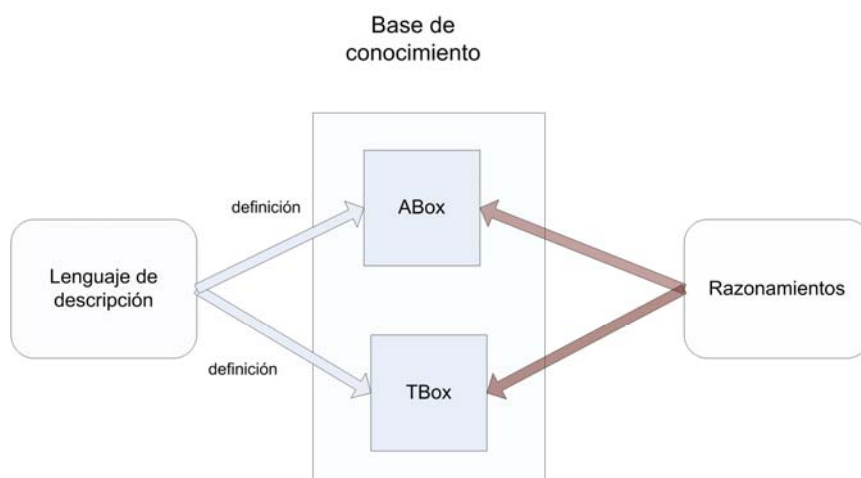


Figura. A.1. 18. Arquitectura de una base de conocimiento basada en Lógica de descripciones

A1.2 Lógica ALC

La lógica *AL* (AL por *Attributive Language*) es una familia de lenguajes de descripción introducido por [114], que en su mayoría representan subconjuntos estrictos de la lógica de primer orden. La lógica de primer orden (LPO) o cálculo de predicados de primer orden es cualquier sistema de la lógica matemática que extiende la lógica proposicional empleando variables, predicados y cuantificadores de variables.

Los lenguajes que componen esta familia son extensiones al lenguaje AL en el que cada letra que se agrega al nombre representa la utilización de un determinado tipo de constructor que añade expresividad a las descripciones de conceptos. En la sección Extensiones *ALC* se explican algunas de estas extensiones. En el caso de *ALC* es la lógica descriptiva básica, donde ALC es el acrónimo de *Attributive language with complement* y C representa relaciones de complementario, contrario o negación de conceptos.

La notación empleada para las descripciones de conceptos usando lógica *ALC* utilizan los siguientes símbolos:

\cap y \sqcup para operadores de conjunción y disyunción, reflejando la interpretación del modelo teórico como intersección y unión.

\forall y \exists cuantificadores lógicos estándar, usados como símbolos para restricción de valor y restricción existencial

\neg o $\bar{}$ son usados para representar el complemento de un concepto o rol.

Los símbolos de relación \doteq y \sqsubseteq, \ll se usan en los axiomas y reflejan su interpretación en el modelo teórico como conjunto de igualdad y conjunto de inclusión. Mientras que \equiv se interpreta como equivalente

\top representa un concepto universal o concepto más general. Si consideramos a A el nombre de un concepto, el concepto universal se define como la disyunción de un nombre de concepto y su complementario:

$$A \sqcup \neg A = \top$$

\perp representa el concepto vacío (bottom) o menos general. Se define como la conjunción de un nombre de concepto y su complementario

$$A \cap \neg A = \perp$$

A1.2.1 Sintaxis

La sintaxis de estas lógicas soportan la descripción de conceptos, roles (relaciones) e individuos, donde los conceptos y roles pueden ser combinados, usando los operadores previamente presentados, para formar expresiones más complejas. Los operadores soportados por las lógicas de descripción, normalmente incluyen algunas o todos los símbolos lógicos estándares acompañados de uno o ambos operadores relacionales, es decir, cuantificadores universales y existenciales llamados restricciones de valor y restricciones existenciales.

De esta manera es posible definir los axiomas de la forma:

$$C \doteq D \mid C \sqsubseteq D \mid C \ll D$$

donde C y D son expresiones de concepto.

Las expresiones de concepto pueden ser de alguna de las siguientes formas:

$$CN \mid$$

$\top \mid$ concepto universal

$\perp \mid$ concepto vacío

$$\neg C \mid \text{complemento de concepto}$$

$$C \sqcup D \mid \text{disyunción de conceptos}$$

$C \sqcap D$ | conjunción de conceptos

$\forall RC$ | restricción de valor

$\exists RC$ | restricción existencial

Siendo CN un nombre de concepto y R una expresión de rol

A1.2.2 Axiomas terminológicos

Los axiomas terminológicos permiten hacer declaraciones sobre cómo se relacionan conceptos y roles. Toman en cuenta las definiciones como axiomas específicos y la identificación de terminologías como el conjunto de definiciones que nos permiten introducir conceptos atómicos como abreviaturas o nombres para los conceptos complejos.

De manera general los axiomas terminológicos tiene la forma:

$$C \sqsubseteq D \mid R \sqsubseteq S \mid C \triangleleft D \mid C \doteq D \mid R \doteq S$$

Donde C, D son conceptos y R, S son roles. Los axiomas del primer tipo se denominan inclusiones mientras que los del segundo tipo son igualdades.

Gracias a ellos se pueden especificar definiciones, que no son más que los axiomas de igualdades en las que el lado izquierdo contiene un concepto atómico. Las definiciones se utilizan para introducir nombres simbólicos para las descripciones complejas. Por ejemplo, el siguiente axioma:

$$\text{Material} \doteq [\exists \geq 1 \text{ tiene.Contenido}] \sqcap [\exists (= 1 \text{ tiene.Estrategia})]$$

Nos permite asociar la descripción del lado derecho al nombre de concepto Material, especificando que un material puede tener más de un contenido y sólo una estrategia pedagógica.

Así el siguiente axioma de inclusión:

$$P_habilidades \triangleleft DC_competencia$$

Nos permite definir que el elemento *P_habilidades* incluye un subconjunto del elemento *DC_competencia*.

A1.2.3 Aserciones sobre los individuos

El segundo componente de una base de conocimiento, la *ABox* incluye la descripción de los miembros de un determinado dominio en términos de conceptos y roles. La *ABox* incluye un conjunto finito de descripciones de los individuos a través de nombres y establece aserciones sobre las propiedades de dichos individuos. En ella se incluyen algunos de los nombres definidos en la *TBox* para conceptos y roles atómicos, mientras que otros se obtienen a partir de las diferentes inferencias.

Los nombres de individuos se denotan de manera general por d , e , f y haciendo uso de conceptos C y roles R , en una *ABox* se pueden hacer aserciones de los siguientes tipos:

$$C(d)$$

$$R(e, f)$$

Al primer tipo se denomina aserciones de conceptos y expresa que d pertenece a una interpretación de C , en otras palabras que d es un individuo de la clase C .

El segundo tipo se denomina aserciones de roles y expresa que f es un **filler** del role R para e , es decir, que f es un individuo que se relaciona a través de R con e .

Por ejemplo, si Pedro, Raul y Rosa son nombres de individuos, entonces *padre*(Pedro) significa que Pedro es un padre y *tieneHijo*(Rosa, Raul) significa que Raul es un hijo de Rosa.

En algunos casos es conveniente incluir nombres de individuos o nominales no sólo en la *ABox* sino en las definiciones de conceptos de la *TBox*. De esta manera se puede definir un determinado concepto a partir de la enumeración de individuos que se conoce a través de la investigación y la literatura del dominio que son instancias del concepto. En estos casos se utiliza el constructor conjunto (interpretado como *uno-de*) y se representa de la forma:

$\{a_1, \dots, a_n\}$ donde $a_1.. a_n$ son los nombres de individuos.

Por ejemplo

$$IDTipo \doteq \{LO, QTI, UoL\}$$

En esta definición se describe que el LO, QTI, UoL son posibles tipo de material, descritos a través del concepto IDTipo.

A1.2.4 Inferencias

Las bases de conocimiento no sólo se limitan a almacenar información sobre las definiciones de conceptos y aserciones sobre individuos sino que proporciona los medios para poder realizar diferentes tipos de inferencias a partir del conocimiento implícito en el conjunto de axiomas de lógicas de predicados de primer orden. Existen varios tipos de inferencias lógicas o razonamientos que pueden realizarse en una base de conocimiento: satisfacibilidad, subsumción, consistencia, equivalencia derivación. Entre ellos, los tres primeros resultan de mayor interés para nuestro trabajo.

La semántica de una lógica descriptiva es una semántica de primer orden. En la que una interpretación I es un par $I = (W, \cdot^I)$, donde W es un conjunto de entidades no vacío, llamado dominio, y \cdot^I es la función de interpretación. Esta función mapea:

- cada concepto C a un subconjunto C^I de W .
- cada rol R a un subconjunto R^I de $W \times W$.
- cada individuo a a un elemento a^I de W .

Esta función se puede extender inductivamente para cubrir la interpretación semántica de descripciones de conceptos como las siguientes:

- $C \sqcap D = C^I \cap D^I$
- $C \sqcup D = C^I \cup D^I$
- $(\neg C)^I = W - C^I$
- $(\exists R.C)^I = \{a \in W \mid \exists b \in W \text{ con } (a, b) \in R^I \wedge b \in C^I\}$
- $(\forall R.C)^I = \{a \in W \mid \forall b \in W \text{ si } (a, b) \in R^I, \text{ entonces } b \in C^I\}$

Dados los conceptos X , Y y un conjunto de axiomas T ($TBox$) y teniendo en consideración lo anterior se pueden realizar las siguientes tareas de razonamiento:

- Satisfacibilidad: un concepto C es satisfacible respecto de T si existe como mínimo un modelo formal de T donde la interpretación de C , C^I , no está vacía.
- Subsunción: un concepto D subsume un concepto C respecto de T si $C^I \subseteq D^I$ para cada modelo de T . También se puede escribir $C^I \subseteq_T D^I$
- Consistencia: Si A representa la $ABox$, se puede decir que A es consistente con respecto a T si existe una interpretación que es modelo de T y de A .

Gracias a las inferencias de satisfacibilidad es posible determinar si al definir un nuevo concepto, éste es consistente o contradictorio respecto a la $TBox$. De forma que se puede controlar que todos los conceptos incluidos en el modelo de un dominio tienen sentido y no son contradictorios. Las inferencias de subsunción, nos permiten verificar las relaciones de especialización o generalización incluidas en el modelo del dominio y obtener clasificaciones automáticas de los conceptos definidos.

En el caso de las inferencias de consistencia, que se realizan sobre la $ABox$, permiten comprobar que las aserciones sobre los individuos del dominio no son contradictorias respecto a las definiciones de los conceptos del dominio incluidas en la $TBox$.

El razonamiento en la mayor parte de las lógicas descriptivas que extienden a ALC , es decidible, es decir, los algoritmos de decisión para los problemas de inferencia tienen una complejidad computacional asumible. Existen además, técnicas optimizadas e implementadas en varios razonadores disponibles en el mercado como RACER, que ha sido utilizado en la evaluación del modelo diseñado en este trabajo.

A1.2.5 Extensiones ALC

El poder expresivo de una lógica de descripción es la capacidad para representar “conocimiento” acerca del dominio y depende de la riqueza de su lenguaje. Si se tiene en consideración los siguientes ejemplos de información sobre un dominio sencillo que

no se pueden describir usando el lenguaje de lógica *ALC*, podemos decir que éste no es muy expresivo.

- “Una mujer que tiene exactamente dos hijos” (no es posible expresar restricciones numéricas).
- “Todo hombre es hijo de una mujer” (no es posible expresar el inverso de un rol).
- “La madre del padre es la abuela” (no es posible expresar composición de roles).

Para poder obtener descripciones más expresivas, al lenguaje *ALC* se han añadido constructores con la condición de que la complejidad computacional no sea intratable para los algoritmos mínimos de satisfactibilidad, subsumición y consistencia. Algunos de estos constructores son:

- Restricciones numéricas (\mathcal{N}): $\geq n R \mid \leq n R$
- Restricciones numéricas cualificadas (\mathcal{Q}): $\geq n R.C \mid \leq n R.C$
- Restricciones Funcionales (\mathcal{F}): $\leq 1 R$
- Nominales (\mathcal{O}): a_1, \dots, a_n
- Dominios concretos: Un dominio concreto D es un conjunto $\Delta^{(D)}$ (el dominio) más un conjunto $\text{pred}(D)$ de los nombres de predicado de D . Cada nombre de predicado P de D se asocia con una aridad n y un predicado n -ario de $\Delta^{(D)}$. Por ejemplo el dominio concreto \mathbb{N} , tiene como dominio el conjunto \mathbb{N} de los números naturales y $\text{pred}(\mathbb{N})$ el conjunto de los predicados binarios $\{ < \leq > \geq \}$.

Las lógicas de descripción mucho más expresivas también emplean constructores de roles, dado que los roles se interpretan como relaciones binarias; esto implica definir constructores cuya semántica es la de las operaciones sobre relaciones. Así pues, si R y S son descripciones de rol (atómico) también lo son:

- Unión de roles: $R \sqcup S$
- Intersección de roles: $R \sqcap S$
- Complemento de rol: $\neg R$
- Composición de roles: $R \circ S$
- Rol transitivo: R^+

La terminología también permite incluir jerarquía de roles (\mathcal{H}) donde los axiomas son de la forma:

$$R \doteq S \mid R \sqsubseteq S$$

A1.3 ¿Por qué usar Lógicas de descripciones?

A1.3.1 Lógicas de descripciones como herramientas de modelado

Los modelos de información son estructuras basadas en símbolos computacionales que permiten representar una parte del mundo real. Una de las ventajas de la abstracción en el modelado conceptual es que el modelo de información obtenido se estructura de forma relativamente fácil y su mantenimiento también es relativamente sencillo [18]. Las lógicas de descripciones van un paso más allá de esta ventaja al soportar la clasificación automática de conceptos respecto a otros conceptos, que permite desvelar generalizaciones que pueden haber pasado desapercibidas para el diseñador del modelo conceptual. De modo que las representaciones construidas usando lógica de descripciones permiten realizar razonamiento automático inferido a partir del conocimiento representado explícitamente en un modelo de un dominio y soportan la inferencia de patrones, que facilita entender y estructurar el dominio de aplicación mediante la clasificación de conceptos e individuos, propiedad ampliamente utilizada en los sistemas inteligentes de procesamiento de información, como los basados en ontologías.

Por otra parte, es muy probable que el mayor problema con que nos enfrentamos a la hora de diseñar el modelo conceptual de un determinado dominio sea evaluar si éste es correcto y completo. La verificación de la corrección del modelo es soportada por las facilidades de razonamiento (satisfacibilidad) de la lógica de descripciones que permite detectar si existen inconsistencias en las descripciones de los conceptos del dominio. Además de las inferencias de consistencia, que ayudan a comprobar que las aserciones sobre los individuos de un dominio no contradicen las descripciones de los conceptos de dicho dominio.

A1.3.2 Lógicas de descripciones como solución a problemas de configuración

Las lógicas de descripciones han sido frecuentemente utilizadas para la configuración de artefactos software y hardware [79]; [80], [129]. Estos artefactos están básicamente compuestos por un conjunto de componentes y los potenciales componentes a su vez compuestos por otro grupo de sub-componentes que deben organizarse de forma modular y jerárquica. Cada uno de los componentes tiene propiedades que restringen la cantidad de posibles combinaciones de éstos para formar un determinado artefacto.

En muchas ocasiones, la información de entrada de que dispone el configurador (ya sea humano o automático) puede ser:

- incompleta (no se describen todos los componentes que se necesitan)
- ambigua (no se describen con precisión las características de todos los componentes)
- inconsistente (puede que existan contradicciones entre las descripciones de los diferentes componentes, puesto que no se conocen posibles restricciones y relaciones entre los componentes).

Sin embargo, el resultado de la configuración se espera que sea:

- correcto (el conjunto elegido de los componentes funciona correctamente y el uso del artefacto permite alcanzar determinados objetivos)
- completo (el artefacto tiene todos los componentes necesarios para su funcionamiento)
- consistente (las características de los componentes elegidos no son contradictorias y las relaciones entre los componentes son adecuadas para el funcionamiento del artefacto)
- modificable (los diferentes componentes pueden ser sustituidos por otros de similares características sin que el artefacto deje de ser completo y correcto),
- interoperable (es posible la conexión entre los diferentes componentes y el funcionamiento de sus componentes es independiente del entorno de ejecución).

El configurador debe aceptar la información de entrada y a partir de ella debe generar un artefacto con características como las mencionadas, controlando las restricciones implícitas en los datos de entrada, tomando en cuenta información de referencia sobre el artefacto a configurar. Si se considera la capacidad de las representaciones construidas empleando lógica de descripciones para realizar razonamientos automáticos inferidos a partir del conocimiento representado explícitamente en el modelo del dominio del artefacto, entonces es posible detectar las relaciones entre los diferentes componentes, evitar inconsistencias y determinar los componentes idóneos para la configuración del artefacto. En el caso que nos ocupa en este trabajo, se ha tratado del desarrollo de materiales didácticos como un problema de configuración. De modo que los materiales didácticos, se consideran artefactos software formados por dos componentes: contenidos y estrategia pedagógica. La información de entrada para configurar el material cumple con las características previamente explicadas puesto que se pretende dar soporte a desarrolladores de material con diferentes niveles de conocimiento sobre los estándares y especificaciones *e-Learning* que no necesariamente conocen todos los detalles de los componentes del material. El resultado de la configuración es un material que funciona correctamente, modificable e interoperables y sus componentes no tienen características contradictorias.

Anexo 2 Elementos del meta-modelo representados con lógicas de descripciones

En este anexo refleja la formalización utilizando lógicas de descripción *ALC* de todos los elementos del meta-modelo MD2 definido en el Capítulo 4. Las secciones de este anexo presentan, en el mismo orden que en el mencionado capítulo, para cada elemento sus atributos, relaciones entre ellos y las relaciones de cada elemento con otros elementos del meta-modelo. En el caso del elemento *P_estrategia* se presenta además una descripción textual y ejemplos de la formalización de las estrategias pedagógicas más recomendadas para procesos de enseñanza-aprendizaje relacionados con el dominio de conocimiento escogido: Ciencias de la Computación.

De manera general un material didáctico se representa formalmente como en la siguiente tabla.

$$\text{Material} \doteq [\exists \geq 1 \text{ tiene. Contenido}] \sqcap [\exists (= 1 \text{ tiene. Estrategia})]$$
$$\text{Contenido} \sqcap \text{Estrategia} \doteq \perp$$

Tabla A2. 1. Descripción general de un material empleando lógica de descripciones.

A2.1 Elementos de la vista DC

En esta sección se presenta la formalización de los elementos de la vista DC (Dominio de conocimiento) del meta-modelo MD2 que permiten describir la información pedagógica de un determinado dominio de conocimiento, es decir, las propiedades fundamentales del dominio al que pertenece la temática o disciplina presentada en los contenidos del material y que tienen una relación directa con los posibles procesos de aprendizajes basados en este dominio.

A2.1.1 Características de la disciplina DC_disciplina

$$\text{Tema} \doteq \text{require. Tiempo} \sqcap \text{potencia. ObjetivosEd}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tiempo} &\doteq \text{tiene.Duracion} \\
s_{UC_Temas} &\doteq \exists \geq 1 \text{ contiene. Tema} \\
UC &\doteq \exists \text{ contiene. } s_{UC_Temas} \\
AC &\doteq \exists \text{ contiene. UC} \\
DC_disciplina &\triangleleft AC \\
\text{contiene} &\doteq \text{perteneceA}^- \\
\\
\text{potencia} &\doteq \text{esPotenciado por}^-
\end{aligned}$$

Tabla A.2.2. Representación del elemento *DC_disciplina* empleando lógica de descriptores.

A2.1.2 Competencias que puede desarrollar DC_listadoCompetencias

$$\begin{aligned}
\text{Tipo} &\doteq \exists \text{ tiene. Nivel} \\
\text{Nivel} &\doteq \{1,2,3,4,5,6,7\} \\
\text{ObjetivoEd} &\doteq \text{Tipo } \sqcap \text{Competencia } \sqcap \text{Concepto} \\
\text{ObjetivosEd} &\doteq \exists \text{ contiene. } (>1\text{ObjetivoEd}) \\
DC_listadoCompetencias &\triangleleft \text{ObjetivosEd} \\
\\
P_habilidades &\triangleleft DC_listadoCompetencias
\end{aligned}$$

Tabla A.2.3. Representación del elemento *DC_listadoCompetencias* empleando lógica de descriptores.

A2.1.3 Detalles del tema DC_tema

$$\begin{aligned}
\text{ObjetivoEd} &\doteq \text{Tipo } \sqcap \text{Competencia } \sqcap \text{Concepto} \\
\text{ObjetivosEd} &\doteq \exists \text{ contiene. } (>1\text{ObjetivoEd}) \\
\text{Tiempo} &\doteq \text{tiene.Duracion} \\
\text{Tema} &\doteq \text{require. Tiempo } \sqcap \text{potencia. } \text{ObjetivosEd} \\
DC_Tema &\triangleleft \text{Tema} \\
DC_Tema &\doteq \text{seIdentifica. ID} \\
\text{potencia} &\doteq \text{esPotenciado por}^-
\end{aligned}$$

$$identifica \doteq seIdentifica^-$$

Tabla A.2.4. Representación del elemento *DC_tema* empleando lógica de descriptores.

A2.1.4 Tiempo estimado DC_tiempoEstimado

$$DC_tiempoEstimado \doteq tiene.Duracion$$

$$DC_tiempoEstimado \triangleleft Tiempo$$

$$P_esfuerzoEstimado \triangleleft DC_tiempoEstimado$$

Tabla A.2.5. Representación del elemento *DC_tiempoEstimado* empleando lógica de descriptores.

A2.1.5 Durabilidad del tema DC_durabilidad

$$DC_durabilidad \doteq tiene.TipoD$$

$$TipoD = \{esporadico, persistente\}$$

$$persistente \sqcap esporadico \doteq \perp$$

$$DC_disciplina \doteq muestra. DC_durabilidad$$

$$esMostrada \doteq muestra^-$$

Tabla A.2.6. Representación del elemento *DC_durabilidad* empleando lógica de descriptores.

A2.2 Elementos de la vista P

En esta sección se presenta la formalización de los elementos de la vista P (características pedagógicas) del meta-modelo MD2 que permiten describir detalles específicos sobre la información pedagógica del material que se necesita desarrollar, de forma que se dispone de aquellos elementos que faciliten la selección de los contenidos y permitan describir y seleccionar la estrategia pedagógica que guía el proceso educativo soportado por el material didáctico objeto del desarrollo.

A2.2.1 Tipo de material P_tipoMaterial

$$Material \doteq tiene. P_tipoMaterial$$

$P_tipoMaterial \doteq tiene. IDTipo \sqcap formadoPor. Componentes$

$IDTipo \doteq \{LO, QTI, UoL\}$

$LO \sqcap QTI \doteq \perp$

$UOL \doteq (\exists \geq 1 tiene.LO) \sqcap (\exists \geq 1 tiene.QTI)$

$Componentes \doteq establece.S_elementos$

Tabla A.2.7. Representación del elemento $P_tipoMaterial$ empleando lógica de descriptores.

A2.2.2 Habilidades cognitivas $P_habilidades$

$ObjetivoED \doteq Tipo \sqcap Competencia \sqcap Concepto$

$ObjetivosEd \doteq \exists contiene.(>1 ObjetivoEd)$

$DC_listadoCompetencias \doteq \exists contiene.(ObjetivoED)$

$P_habilidades \triangleleft DC_listadoCompetencias$

Tabla A.2.8. Representación del elemento $P_habilidades$ empleando lógica de descriptores.

A2.2.3 Estrategia pedagógica $P_estrategia$

$Participante = \{estudiante, profesor\}$

$estudiante \sqcap profesor \doteq \perp$

$TipoAct = \{ actividad_teoria, actividad_practica, actividad_evaluación \}$

$Descripcion \doteq \mathbf{T}$

$Orden = \{1, 2, 3, 4, 5, \dots, n\}$

$Colab = \{Si, No\}$

$Si \sqcap No \doteq \perp$

$Contenido = relacionadoCon. P_habilidades$

$Actividad \doteq tiene.TipoAct \sqcap tiene.Descripcion \sqcap tiene.Orden \sqcap (\exists \geq 1$

$usa.Contenido) \sqcap [\exists (\geq 1 desarrollada.Participante)] \sqcap tiene.Colab$

$P_estrategia \doteq (\exists \geq 1 define. Actividad) \sqcap [\exists (\geq 1 potencia. P_habilidades)]$

$desarrolladaPor \doteq desarrolla^-$

$TipoEstrag \doteq dependeDe DC_disciplina$

$$\begin{aligned}
P_estrategia &\doteq \text{dependeDe } P_tipoMaterial \sqcap [P_tipoMaterial(UOL)] \\
&\quad \text{TipoEstrag}=\{ ABP, AOP, PROC, AC, Otras\} \\
P_estrategia &\doteq (\exists =1 \text{ determinadaPor. TipoEstrag}) \sqcap (\exists \geq 1 \text{ define. Actividad}) \\
&\quad \sqcap [\exists (\geq 1 \text{ potencia. } P_habilidades) \\
S_elementosEstandar &\doteq (\exists \geq 1 \text{ corresponde. } P_estrategia)
\end{aligned}$$

Tabla A.2.9. Representación del elemento $P_estrategia$ empleando lógica de descriptores.

A continuación se presentan ejemplos de instancias que describen las estrategias pedagógicas más recomendadas para procesos de enseñanza-aprendizaje relacionados con el dominio de conocimiento escogido: Ciencias de la Computación. Las diferentes estrategias se presentan, en el mismo orden del Capítulo 4, a través de una descripción textual de las diferentes estrategias y ejemplos de su formalización utilizando lógica de descripción *ALC*.

A2.2.3.1 Estrategia de aprendizaje basado en problemas

Descripción de la estrategia	
<i>Participantes</i>	Estudiantes y profesor.
<i>Técnica pedagógica</i>	Aprendizaje basado en problemas [13] [20].
<i>Descripción de la estrategia</i>	El aprendizaje de los estudiantes se basa en la resolución de un determinado problema relacionado con una temática específica. El problema se puede descomponer en pequeños problemas de manera que el estudiante vaya alcanzando progresivamente las habilidades, competencias y conocimientos relacionados con la temática.
<i>Ejemplo de actividades a desarrollar por los participantes [76]:</i>	
<i>Actividad (1)</i>	El estudiante deberá pasar una actividad de comprobación sobre los conocimientos de los temas que considerados como pre-requisitos para el desarrollo del resto del proceso educativo.
<i>Actividad (2)</i>	El estudiante deberá estudiar los contenidos de un tema determinado para adquirir los conocimientos y habilidades necesarias para resolver la primera parte de un determinado problema. <p>(2.1) El profesor ayudará al estudiante a resolver las dudas que le vayan surgiendo de forma que tenga cierta certeza sobre</p>

la adquisición de los conocimientos y habilidades para resolver la primera parte del problema que se le planteará en la siguiente actividad. Le indicará el procedimiento a seguir en la resolución.

Actividad (3)

Concluida la actividad (2), el estudiante deberá resolver la primera parte del problema que se le plantea y que está relacionado con el tema de la actividad anterior.

(3.1) El profesor presentará el proceso a seguir para la resolución del resto de las partes del problema, ayuda a los estudiantes durante la actividad de resolución y verificará que el problema sea resuelto correctamente.

Las actividades (2) y (3) se repiten para cada uno de las temáticas o conceptos involucrados en la resolución de las distintas partes del problema. Las actividades de los estudiantes (2) y (3) pueden plantearse para realizarse por grupos de estudiantes de forma colaborativa.

Tabla A2.10. Descripción textual de la estrategia de aprendizaje basada en problemas.

A continuación presentamos la descripción de instancia de *P_estrategia* para la estrategia previamente presentada. Si las habilidades y competencias a alcanzar a través de la resolución del problema se describen como instancias de Objetivos educativos, ObjetivoED, ordenados según las reglas de ordenación *DC-comp(1)* y *DC-comp(2)* definidas en el elemento *DC_listadoCompetencias* y que forman la Representación de una instancia del elemento *P_habilidades* como:

$$\text{ObjetivoED}(1) \doteq \text{Tipo}(\text{nivel}_1) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel}_1}) \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConcepto}_1)$$

$$\text{ObjetivoED}(n) \doteq \text{Tipo}(\text{nivel}_n) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel}_n}) \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConcepto}_n)$$

$$P_habilidades(\text{problemas}) \doteq \text{ObjetivoED}(1) \sqcap \dots \sqcap \text{ObjetivoED}(n-1) \sqcap \text{ObjetivoED}(n)$$

Si suponemos que el problema planteado se puede solucionar a través de la resolución de dos problemas que potencien el logro de los objetivos educativos instanciados en *P_habilidades*. Las actividades que conforman la estrategia, se pueden representar como instancias de la siguiente forma:

Las instancias de Descripción representadas como texto descripciónx se corresponden con la descripción de la actividad x presentada en la tabla anterior.

$$\begin{aligned} \text{Actividad}(2.1) &\doteq \text{tiene.TipoAct}(\text{actividad_teoria}) \sqcap \text{tiene.Descripcion}(\text{texto} \\ &\text{descripción2.1}) \sqcap \text{tiene.Orden}(2) \sqcap [\exists \geq 1 \text{ usa.Contenido}(\text{referencia_contenidos} \\ &\text{ObjetivoED}(1))] \sqcap [\exists (\geq 1 \text{ desarrolladaPor.Participante}(\text{profesor})) \sqcap \text{tiene.Colab}(\text{No}) \end{aligned}$$

Actividad(3) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_practica) \sqcap tiene.Descripción((texto descripcion3)) \sqcap
 tiene.Orden(3) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido (referencia_contenidos ObjetivoED(1)) \sqcap [$\exists \geq 1$
 desarrolladaPor.Participante(estudiante)] \sqcap tiene.Colab(No)

Actividad(3.1) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_practica) \sqcap tiene.Descripción((texto
 descripcion3.1)) \sqcap tiene.Orden(3) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido (referencia_contenidos
 ObjetivoED(1)) \sqcap [$\exists \geq 1$ desarrolladaPor.Participante(profesor)] \sqcap tiene.Colab(No)

Actividad(4) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_teoría) \sqcap tiene.Descripción((texto descripcion4)) \sqcap
 tiene.Orden(4) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido (referencia_contenidos ObjetivoED(2)) \sqcap [$\exists \geq 1$
 desarrolladaPor.Participante(estudiante)] \sqcap tiene.Colab(No)

Actividad(4.1) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_teoría) \sqcap tiene.descripcion((texto
 descripcion4.1)) \sqcap tiene.Orden(4) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido (referencia_contenidos
 ObjetivoED(2)) \sqcap [$\exists \geq 1$ desarrolladaPor.Participante(profesor)] \sqcap tiene.Colab(No)

Actividad(5) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_practica) \sqcap tiene.Descripción((texto descripcion5)) \sqcap
 tiene.Orden(5) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido (referencia_contenidos ObjetivoED(2)) \sqcap [$\exists \geq 1$
 desarrolladaPor.Participante(estudiante)] \sqcap tiene.Colab(No)

Actividad(5.1) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_practica) \sqcap tiene.Descripción((texto
 descripcion5.1)) \sqcap tiene.Orden(5) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido (referencia_contenidos
 ObjetivoED(2)) \sqcap [$\exists \geq 1$ desarrolladaPor.Participante(profesor)] \sqcap tiene.Colab(No)

De manera que la una instancia de estrategia se representa como:

P_estrategia (1) $\hat{=}$ determinadaPor.TipoEstrag(ABP) \sqcap define.[Actividad(1) \sqcap Actividad(2)
 \sqcap Actividad(2.1) \sqcap Actividad(3) \sqcap Actividad(3.1) \sqcap Actividad(4) \sqcap Actividad(4.1) \sqcap
 Actividad(5) \sqcap Actividad(5.1)] \sqcap [potencia.P_habilidades(problemas)]

A2.2.3.2 Estrategia de aprendizaje colaborativo

Descripción de la estrategia	
<i>Participantes</i>	Estudiantes y profesor.
<i>Técnica pedagógica</i>	Aprendizaje colaborativo [26].
<i>Descripción de la estrategia</i>	El proceso educativo se basa en la interacción entre los estudiantes de forma que construyen y comparten los conocimientos, habilidades o competencias, definidos como

objetivos educativos. En la literatura sobre técnicas pedagógicas generalmente se reconoce que el aprendizaje colaborativo o cooperativo no es una técnica pedagógica sino una filosofía de trabajo que puede utilizarse en combinación con las otras técnicas pedagógicas.

Ejemplo de actividades a desarrollar por los participantes [26].

Actividad (1) Los estudiantes, de forma individual, deberán estudiar los contenidos de un tema determinado para seguidamente opinar sobre detalles de esos contenidos, que le ayudarán a mejorar su comprensión sobre el tema.

Actividad (2) El profesor verificará las respuestas de cada uno de los estudiantes y realizará los comentarios oportunos para aclarar las dudas que puedan surgir en la actividad desarrollada por los estudiantes y dar por completada la actividad anterior.

Actividad (3) Los estudiantes debatirán sus ideas con sus compañeros, podrán comparar su respuesta con la de otros estudiantes y llegarán a conclusiones de forma conjunta.

(3.1) El profesor verificará que las conclusiones a las que han llegado los estudiantes sean válidas y que demuestren se ha alcanzado los objetivos de comprender los conceptos de la temática planteada.

Tabla A2.11. Descripción textual de la estrategia de aprendizaje colaborativo.

Éste es el ejemplo más sencillo de este tipo de estrategia, en la que únicamente se debate sobre determinado tema, pero que se puede ampliar al introducir nuevos temas relacionados con el primer tema o combinarse como actividades dentro de otra estrategia pedagógica. Este ejemplo puede representarse a través de una instancia de $P_estrategia$ que se describe de la siguiente manera:

Si las habilidades y competencias a alcanzar a través de la colaboración entre los participantes se describen como instancias de Objetivos educativos y que forman la descripción de una instancia del elemento $P_habilidades$ como:

$$\text{ObjetivoED}(1) \hat{=} \text{Tipo}(\text{nivel}_1) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel}_1}) \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConcepto}_1)$$

$$P_habilidades(\text{colab}) \hat{=} \text{ObjetivoED}(1)$$

Las actividades que conforman la estrategia, se pueden representar como instancias de la siguiente forma:

Las instancias de Descripción representadas como texto descripcion_x se corresponde con la descripción de la actividad x , presentada en la tabla anterior.

$Actividad(colab1) \doteq tiene.TipoAct(actividad_teoria) \sqcap tiene.Descripcion(texto$
 $descripcion1) \sqcap tiene.Orden(1) \sqcap [\exists \geq 1 usa.Contenido(referencia_contenidos P_habilidades)]$
 $\sqcap [\exists (\geq 1 desarrolladaPor.Participante(estudiante))] \sqcap tiene.Colab(No)$
 $Actividad(colab2) \doteq tiene.TipoAct(actividad_teoria) \sqcap tiene.Descripcion((texto$
 $descripcion2)) \sqcap tiene.Orden(2) \sqcap [\exists \geq 1 usa.Contenido(referencia_contenidos ObjetivoED(1))$
 $\sqcap [\exists (\geq 1 desarrolladaPor.Participante(profesor))] \sqcap tiene.Colab(No)$
 $Actividad(colab3) \doteq tiene.TipoAct(actividad_practica) \sqcap tiene.Descripcion((texto$
 $descripcion3)) \sqcap tiene.Orden(3) \sqcap [\exists \geq 1 usa.Contenido(referencia_contenidos$
 $ObjetivoED(1))] \sqcap [\exists (\geq 1 desarrolladaPor.Participante(estudiante))] \sqcap tiene.Colab(Si)$
 $Actividad(colab3.1) \doteq tiene.TipoAct(actividad_practica) \sqcap tiene.Descripcion((texto$
 $descripcion3.1)) \sqcap tiene.Orden(3) \sqcap [\exists \geq 1 usa.Contenido(referencia_contenidos$
 $ObjetivoED(1))] \sqcap [\exists (\geq 1 desarrolladaPor.Participante(profesor))] \sqcap tiene.Colab(No)$

De forma que una instancia de estrategia se puede representar como:

$P_estrategia(2) \doteq determinadaPor.TipoEstrag(AC) \sqcap define.[Actividad(colab1) \sqcap$
 $Actividad(colab2) \sqcap Actividad(3) \sqcap Actividad(3.1)] \sqcap [potencia. P_habilidades(colab)]$

A2.2.3.3 Estrategia de aprendizaje orientado a proyectos

Descripción de la estrategia	
<i>Participantes</i>	Estudiantes y profesor.
<i>Técnica pedagógica</i>	Aprendizaje orientado a proyectos [124].
<i>Descripción de la estrategia</i>	El objetivo de esta estrategia es que los estudiantes aprendan a resolver problemas de carácter práctico utilizando conceptos relevantes para una determinada temática. Se centra en explorar y trabajar para encontrar la solución de un problema, fomentando la independencia de los estudiantes para generar nuevos conocimientos en la búsqueda de soluciones innovadoras. Este tipo de técnica se puede aplicar en una asignatura en particular o en un conjunto de asignaturas relacionadas.
<i>Ejemplo de actividades a desarrollar por los participantes [76]:</i>	
<i>Actividad (1)</i>	El profesor presenta el proyecto con la problemática a resolver dentro del contexto de la temática sobre la que versa el

	curso. Define las características del proyecto, los productos esperados, define los grupos de trabajo de los estudiantes y sus responsabilidades para el desarrollo del proyecto.
<i>Actividad (2)</i>	Los estudiantes agrupados en los equipos de trabajo establecidos, definen el plan de trabajo para el desarrollo del proyecto, las actividades individuales, las fechas de entrega de los sub-productos y las consultas con el profesor.
<i>Actividad (3)</i>	(3.1) Los estudiantes deberán desarrollar actividades individuales derivadas de la actividad anterior y que deberán estar relacionadas con la búsqueda de información sobre el proyecto y posibles soluciones (3.2) Desarrollo de propuestas de solución (3.3) Realización de consultas sobre la validez de la propuesta
<i>Actividad (3a)</i>	(3.1) El profesor orienta al grupo en la búsqueda de información (3.2) Responde dudas (3.3) Responde a las consultas de los estudiantes
<i>Actividad (4)</i>	(4.1) Los estudiantes deberán realizar actividades de equipo (colaborativas) para el desarrollo del proyecto: revisan información recuperada u obtenida de la actividad anterior (4.2) Debaten las propuestas de solución (4.3) Realizan la entrega de reportes sobre el avance en el proyecto (4.3) Realizan la entrega de reportes sobre el avance en el proyecto
<i>Actividad (5)</i>	(5.1) Los estudiantes deberán realizar actividades de equipo para el desarrollo de los prototipos (5.2) Realizan las correspondientes pruebas dichos prototipos
<i>Actividad (4a) y (5a)</i>	El profesor promueve la realización de actividades adicionales para las actividades (4) (5) tales como lecturas relacionadas con el proyecto de forma que los estudiantes puedan analizar y entender los conceptos que no están claros y que les dificultan el desarrollo del proyecto. Se repite la actividad (3a).
<i>Actividad (6)</i>	Los estudiantes realizan actividades de equipo y cada equipo presenta los resultados de su trabajo y analizan qué ha aprendido durante el desarrollo del proyecto.
<i>Actividad (7)</i>	El profesor realiza la evaluación final del proyecto tomando en consideración los resultados presentados por los estudiantes

en la actividad (6).

Tabla A2.12. Descripción textual de la estrategia de aprendizaje basada en proyectos.

El ejemplo anterior puede representarse a través de una instancia de $P_estrategia$ que se describe de la siguiente manera:

Si las habilidades y competencias a alcanzar a través de la resolución del problema se describen como instancias de Objetivos educativos, ObjetivosED ordenados según las reglas de ordenación $DC-comp(1)$ y $DC-comp(2)$ definidas en el elemento $DC_listadoCompetencias$ y que forman la descripción de una instancia del elemento $P_habilidades$ como:

$$\begin{aligned} \text{ObjetivoED}(1) &\hat{=} \text{Tipo}(\text{nivel}_1) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_1) \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConcepto}_1) \\ \text{ObjetivoED}(3.1) &\hat{=} \text{Tipo}(\text{Comprension}) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel2}}) \\ &\quad \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConcepto1}) \\ \text{ObjetivoED}(3.2) &\hat{=} \text{Tipo}(\text{Aplicacion}) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel3}}) \\ &\quad \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConcepto1}) \\ \text{ObjetivoED}(3.3) &\hat{=} \text{Tipo}(\text{Analisis}) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel4}}) \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConcepto1}) \\ \text{ObjetivoED}(4.1) &\hat{=} \text{Tipo}(\text{Analisis}) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel4}}) \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConceptox}) \\ \text{ObjetivoED}(4.2) &\hat{=} \text{Tipo}(\text{Sintesis}) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel5}}) \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConceptox}) \\ \text{ObjetivoED}(4.3) &\hat{=} \text{Tipo}(\text{Analisis}) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel4}}) \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConceptox}) \\ \text{ObjetivoED}(5.1) &\hat{=} \text{Tipo}(\text{Aplicacion}) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel3}}) \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConceptox}) \\ \text{ObjetivoED}(5.1.1) &\hat{=} \text{Tipo}(\text{Analisis}) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel4}}) \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConceptox}) \\ \text{ObjetivoED}(5.2) &\hat{=} \text{Tipo}(\text{Sintesis}) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel5}}) \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConceptox}) \\ \text{ObjetivoED}(6.1) &\hat{=} \text{Tipo}(\text{Analisis}) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel4}}) \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConceptox}) \\ \text{ObjetivoED}(7) &\hat{=} \text{Tipo}(\text{Evaluacion}) \sqcap \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_{\text{nivel6}}) \sqcap \text{Concepto}(\text{nombreConceptox}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_habilidades(\text{proyec}) &\hat{=} \text{ObjetivoED}(1) \sqcap \text{ObjetivoED}(3.1) \sqcap \text{ObjetivoED}(3.2) \sqcap \\ &\text{ObjetivoED}(3.3) \sqcap \text{ObjetivoED}(4.1) \sqcap \text{ObjetivoED}(4.2) \sqcap \text{ObjetivoED}(4.3) \sqcap \text{ObjetivoED}(5.1) \\ &\sqcap \text{ObjetivoED}(5.5.1) \sqcap \text{ObjetivoED}(5.2) \sqcap \text{ObjetivoED}(6.1) \sqcap \text{ObjetivoED}(7) \end{aligned}$$

Las actividades que conforman la estrategia, se pueden representar como instancias de Actividad la siguiente forma:

Las instancias de Descripción representadas como texto descripcionx se corresponde con la descripción de la actividad x, presentada en la tabla anterior.

$$\begin{aligned} \text{Actividad}(\text{proyec1}) &\hat{=} \text{tiene.TipoAct}(\text{actividad_teoria}) \sqcap \text{tiene.Descripcion}(\text{texto} \\ &\text{descripcion1}) \sqcap \text{tiene.Orden}(1) \sqcap [\exists \geq 1 \text{ usa.Contenido}(\text{referencia_contenidos } P_habilidades)] \\ &\sqcap [\exists (\geq 1 \text{ desarrolladaPor.Participante}(\text{profesor})) \sqcap \text{tiene.Colab}(\text{No}) \end{aligned}$$

Actividad(proyec2) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_teoría) \sqcap tiene Descripción(texto descripción2) \sqcap tiene Orden(2) \sqcap [$\exists (\geq 1$ desarrolladaPor.Participante(estudiante))] \sqcap tiene.Colab(Si)

Actividad(proyec3.1) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_teoría) \sqcap tiene Descripción(texto descripción3.1) \sqcap tiene Orden(3) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido(referencia_contenidos. \sqcap ObjetivoED(3.1))] \sqcap [$\exists (\geq 1$ desarrolladaPor.Participante(estudiante))] \sqcap tiene.Colab(No)

Actividad(proyec3.2) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_práctica) \sqcap tiene Descripción(texto descripción3.2) \sqcap tiene Orden(4) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido(referencia_contenidos. ObjetivoED(3.2))] \sqcap [$\exists (\geq 1$ desarrolladaPor.Participante(estudiante))] \sqcap tiene.Colab(No)

Actividad(proyec3.3) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_práctica) \sqcap tiene Descripción(texto descripción3.3) \sqcap tiene Orden(5) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido(referencia_contenidos. ObjetivoED(3.3))] \sqcap [$\exists (\geq 1$ desarrolladaPor.Participante(estudiante))] \sqcap tiene.Colab(No)

Actividad(proyec3) $\hat{=}$ Actividad(proyec3.1) \sqcap Actividad(proyec3.2) \sqcap Actividad(proyec3.3)

Actividad(proyec3a1) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_teoría) \sqcap tiene Descripción(texto descripción3.1) \sqcap tiene Orden(3) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido(referencia_contenidos. ObjetivoED(3.1))] \sqcap [$\exists (\geq 1$ desarrolladaPor.Participante(profesor))] \sqcap tiene.Colab(No)

Actividad(proyec3a2) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_práctica) \sqcap tiene Descripción(texto descripción3.1) \sqcap tiene Orden(4) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido(referencia_contenidos. ObjetivoED(3.2))] \sqcap [$\exists (\geq 1$ desarrolladaPor.Participante(profesor))] \sqcap tiene.Colab(No)

Actividad(proyec3a3) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_práctica) \sqcap tiene. Descripción(texto descripción3.2) \sqcap tiene Orden(5) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido(referencia_contenidos. ObjetivoED(3.3))] \sqcap [$\exists (\geq 1$ desarrolladaPor.Participante(profesor))] \sqcap tiene.Colab(No)

Actividad(proyec3a) $\hat{=}$ Actividad(proyec3a1) \sqcap Actividad(proyec3a2) \sqcap Actividad(proyec3a3)

Actividad(proyec4.1) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_práctica) \sqcap tiene. Descripción(texto descripción4.1) \sqcap tiene Orden(6) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido(referencia_contenidos. ObjetivoED(4.1))] \sqcap [$\exists (\geq 1$ desarrolladaPor.Participante(estudiante))] \sqcap tiene.Colab(Si)

Actividad(proyec4.2) $\hat{=}$ tiene.TipoAct(actividad_práctica) \sqcap tiene. Descripción(texto descripción4.2) \sqcap tiene Orden(7) \sqcap [$\exists \geq 1$ usa.Contenido(referencia_contenidos. ObjetivoED(4.2))] \sqcap [$\exists (\geq 1$ desarrolladaPor.Participante(estudiante))] \sqcap tiene.Colab(Si)

Actividad(proyec4.3) \doteq *tiene*.TipoAct(actividad_practica) \sqcap *tiene*. Descripcion(texto
 descripcion4.3) \sqcap *tiene* Orden(8) \sqcap $[\exists \geq 1$ *usa*.Contenido(*referencia_contenidos*.
 ObjetivoED(4.3))] \sqcap $[\exists (\geq 1$ *desarrolladaPor*.Participante(estudiante))] \sqcap *tiene*.Colab(Si)

Actividad(proyec4) \doteq Actividad(proyec4.1) \sqcap Actividad(proyec4.2) \sqcap Actividad(proyec4.3)

Actividad(proyec4a1) \doteq *tiene*.TipoAct(actividad_teoría) \sqcap *tiene*. Descripcion(texto
 descripcion4a1) \sqcap *tiene* Orden(6) \sqcap $[\exists \geq 1$ *usa*.Contenido(*referencia_contenidos*.
 ObjetivoED(4.1))] \sqcap $[\exists (\geq 1$ *desarrolladaPor*.Participante(profesor))] \sqcap *tiene*.Colab(No)

Actividad(proyec4a)) \doteq Actividad(proyec4a1) \sqcap Actividad(proyec3a)

Actividad(proyec5.1) \doteq *tiene*.TipoAct(actividad_practica) \sqcap *tiene* Descripcion(texto
 descripcion5.1) \sqcap *tiene* Orden(9) \sqcap $[\exists \geq 1$ *usa*.Contenido(*referencia_contenidos*.
 ObjetivoED(5.1) \sqcap . ObjetivoED(5.1.1))] \sqcap $[\exists (\geq 1$ *desarrolladaPor*.Participante(estudiante))]

\sqcap *tiene*.Colab(Si)

Actividad(proyec5.2) \doteq *tiene*.TipoAct(actividad_practica) \sqcap *tiene*. Descripcion(texto
 descripcion5.2) \sqcap *tiene* Orden(10) \sqcap $[\exists \geq 1$ *usa*.Contenido(*referencia_contenidos*.
 ObjetivoED(5.2))] \sqcap $[\exists (\geq 1$ *desarrolladaPor*.Participante(estudiante))] \sqcap *tiene*.Colab(Si)

Actividad(proyec5)) \doteq Actividad(proyec5.1) \sqcap Actividad(proyec5.2)

Actividad(proyec5a1) \doteq *tiene*.TipoAct(actividad_teoría) \sqcap *tiene*. Descripcion(texto
 descripcion5a1) \sqcap *tiene* Orden(9) \sqcap $[\exists \geq 1$ *usa*.Contenido(*referencia_contenidos*.
 ObjetivoED(5.1) \sqcap . ObjetivoED(5.1.1))] \sqcap $[\exists (\geq 1$ *desarrolladaPor*.Participante(profesor))]

\sqcap *tiene*.Colab(No)

Actividad(proyec5a)) \doteq Actividad(proyec5a1) \sqcap Actividad(proyec3a)

Actividad(proyec6) \doteq *tiene*.TipoAct(actividad_evaluacion) \sqcap *tiene*. Descripcion(texto
 descripcion6) \sqcap *tiene* Orden(11) \sqcap $[\exists \geq 1$ *usa*.Contenido(*referencia_contenidos*.
 ObjetivoED(6.1) \sqcap . ObjetivoED(6.1.1))] \sqcap $[\exists (\geq 1$ *desarrolladaPor*.Participante(estudiante))]

\sqcap *tiene*.Colab(Si)

Actividad(proyec7) \doteq *tiene*.TipoAct(actividad_evaluacion) \sqcap *tiene*. Descripcion(texto
 descripcion7) \sqcap *tiene* Orden(12) \sqcap $[\exists \geq 1$ *usa*.Contenido(*referencia_contenidos*.
 P_habilidades)] \sqcap $[\exists (\geq 1$ *desarrolladaPor*.Participante(profesor))] \sqcap *tiene*.Colab(No)

Así, una instancia de ésta estrategia se puede representar como:

P_estrategia (3) $\hat{=}$ *determinadaPor*. TipoEstrag(AOP) \sqcap *define*. [Actividad(proyec1) \sqcap
 Actividad(proyec2) \sqcap Actividad(proyec3) \sqcap Actividad(proyec3a) \sqcap Actividad(proyec4a) \sqcap
 Actividad(proyec5) \sqcap Actividad(proyec5a) \sqcap Actividad(proyec6) \sqcap Actividad(proyec7)]
 \sqcap [*potencia*. P_habilidades(proyec)]

A2.2.3.4 Estrategia de aprendizaje basado en procedimientos

Descripción de la estrategia	
<i>Participantes</i>	Estudiantes.
<i>Técnica pedagógica</i>	Aprendizaje basado en procedimientos [29].
<i>Descripción de la estrategia</i>	El proceso de aprendizaje de los estudiantes se basa en el estudio individual de ciertos contenidos sobre las definiciones de los conceptos, procedimientos y procesos relacionados con una determinada temática. El objetivo de esta estrategia es que los estudiantes a través del estudio individual logren dominar conceptos, procesos y procedimientos generalmente estables y relacionados con una determinada temática. Este tipo de técnica es frecuentemente utilizada en procesos de enseñanza vocacional y entrenamiento.
<i>Ejemplo de actividades a desarrollar por los participantes [29]</i>	
<i>Actividad (1)</i>	El estudiante deberá estudiar los contenidos de un tema determinado, partir de la solución de diversos retos que le permitan adquirir los conocimientos sobre los conceptos, procedimientos o procesos.
<i>Actividad (2)</i>	El estudiante deberá realizar ejercicios o prácticas de auto-evaluación para comprobar su nivel de aprendizaje.
<i>Actividad (3)</i>	El estudiante deberá realizar una evaluación que tiene como objetivo la comprobación su nivel de aprendizaje sobre los conceptos, procesos o procedimientos previamente estudiados.
Las actividades (1) y (2) se repiten para cada uno de los conceptos, procedimientos o procesos relacionados con las diferentes temáticas que se deseen cubrir en el curso.	
Si en esta estrategia se incluye la participación del docente, éste deberá realizar la actividad (3a) que consiste en controlar la correcta resolución de los problemas, ejercicios o prácticas planteados y facilitar la información al estudiante sobre el resultado de su evaluación.	

Tabla A2.13. Descripción textual de la estrategia de aprendizaje basada en procedimientos.

A continuación se presenta una instancia de $P_estrategia$ para la estrategia presentada. Si las habilidades y competencias a alcanzar a través de la resolución del problema se describen como instancias de Objetivos educativos, ObjetivosED, ordenados según las reglas de ordenación $DC-comp(1)$ y $DC-comp(2)$ definidas en el elemento $DC_listadoCompetencias$ y que forman la descripción de una instancia del elemento $P_habilidades$ como:

$$\text{ObjetivoED}(1) \doteq \text{Tipo}(\text{nivel}_1)$$

$$\prod \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_1) \prod \text{Concepto}(\text{nombreConcepto}_1)$$

$$\text{ObjetivoED}(2) \doteq \text{Tipo}(\text{nivel}_2)$$

$$\prod \text{Competencia}(\text{verbocompetencia}_2) \prod \text{Concepto}(\text{nombreConcepto}_2)$$

$$P_habilidades(\text{proc}) \doteq \text{ObjetivoED}(1) \prod \text{ObjetivoED}(2)$$

Las actividades que conforman la estrategia, se pueden representar como instancias de Actividad la siguiente forma:

Las instancias de Descripción representadas como texto descripcion_x se corresponden con la descripción de la actividad x , presentada en la tabla anterior.

$$\text{Actividad}(\text{proc1}) \doteq \text{tiene.TipoAct}(\text{actividad_teoria}) \prod \text{tiene.Descripcion}(\text{texto descripcion1}) \prod$$

$$\text{tiene Orden}(1) \prod [\exists \geq 1 \text{ usa.Contenido}(\text{referencia_contenidos ObjetivoEd}(1)) \prod [\exists (\geq 1$$

$$\text{desarrolladaPor.Participante}(\text{estudiante})] \prod \text{tiene.Colab}(\text{No})$$

$$\text{Actividad}(\text{proc2}) \doteq \text{tiene.TipoAct}(\text{actividad_practica}) \prod \text{tiene.Descripcion}(\text{texto descripcion2}) \prod$$

$$\text{tiene Orden}(2) \prod [\exists \geq 1 \text{ usa.Contenido}(\text{referencia_contenidos ObjetivoEd}(1)) \prod [\exists (\geq 1$$

$$\text{desarrolladaPor.Participante}(\text{estudiante})] \prod \text{tiene.Colab}(\text{No})$$

$$\text{Actividad}(\text{proc3}) \doteq \text{tiene.TipoAct}(\text{actividad_evaluacion}) \prod \text{tiene.Descripcion}(\text{texto$$

$$\text{descripcion2}) \prod \text{tiene Orden}(3) \prod [\exists \geq 1 \text{ usa.Contenido}(\text{referencia_contenidos ObjetivoEd}(1))$$

$$\prod [\exists (\geq 1 \text{ desarrolladaPor.Participante}(\text{estudiante})] \prod \text{tiene.Colab}(\text{No})$$

$$\text{Actividad}(\text{proc3a}) \doteq \text{tiene.TipoAct}(\text{actividad_evaluacion}) \prod \text{tiene.Descripcion}(\text{texto$$

$$\text{descripcion3a}) \prod \text{tiene Orden}(3) \prod [\exists \geq 1 \text{ usa.Contenido}(\text{referencia_contenidos ObjetivoEd}(1))$$

$$\prod [\exists (\geq 1 \text{ desarrolladaPor.Participante}(\text{profesor})] \prod \text{tiene.Colab}(\text{No})$$

$$\text{Actividad}(\text{proc4}) \doteq \text{tiene.TipoAct}(\text{actividad_teoria}) \prod \text{tiene.Descripcion}(\text{texto descripcion1}) \prod$$

$$\text{tiene Orden}(4) \prod [\exists \geq 1 \text{ usa.Contenido}(\text{referencia_contenidos ObjetivoEd}(2)) \prod [\exists (\geq 1$$

$$\text{desarrolladaPor.Participante}(\text{estudiante})] \prod \text{tiene.Colab}(\text{No})$$

$$\text{Actividad}(\text{proc5}) \doteq \text{tiene.TipoAct}(\text{actividad_practica}) \prod \text{tiene.Descripcion}(\text{texto descripcion2}) \prod$$

$$\text{tiene Orden}(5) \prod [\exists \geq 1 \text{ usa.Contenido}(\text{referencia_contenidos ObjetivoEd}(2)) \prod [\exists (\geq 1$$

$$\text{desarrolladaPor.Participante}(\text{estudiante})] \prod \text{tiene.Colab}(\text{No})$$

Actividad(proc6) $\hat{=}$ *tiene*.TipoAct(actividad_evaluacion) \sqcap *tiene*. Descripcion(texto descripcion3) \sqcap *tiene* Orden(6) \sqcap [$\exists \geq 1$ *usa*.Contenido(*referencia_contenidos* ObjetivoEd(2)) \sqcap [$\exists (\geq 1$ *desarrolladaPor*.Participante(estudiante)] \sqcap *tiene*.Colab(No)

Actividad(proc6a) $\hat{=}$ *tiene*.TipoAct(actividad_evaluacion) \sqcap *tiene*. Descripcion(texto descripcion3a) \sqcap *tiene* Orden(6) \sqcap [$\exists \geq 1$ *usa*.Contenido(*referencia_contenidos* ObjetivoEd(1)) \sqcap [$\exists (\geq 1$ *desarrolladaPor*.Participante(profesor)] \sqcap *tiene*.Colab(No)

De manera que la instancia de esta estrategia se podrá representar como:

P_estrategia(4) $\hat{=}$ *determinadaPor*. TipoEstrag(PROC) \sqcap *define*. [Actividad(proc1) \sqcap Actividad(proc2) \sqcap Actividad(proc3) \sqcap Actividad(proc3a) \sqcap Actividad(proc4) \sqcap Actividad(proc5) \sqcap Actividad(proc6) \sqcap Actividad(proc6a)] \sqcap [*potencia*. P_habilidades(proc)]

A2.2.4 Esfuerzo estimado P_esfuerzoEstimado

P_esfuerzoEstimado $\hat{=}$ *tiene*.duracionEsf
duracionEsf < Duracion
P_esfuerzoEstimado $\hat{=}$ DC_tiempoEstimado
P_dificultad $\hat{=}$ *dependeDe*. P_esfuerzoEstimado
influye $\hat{=}$ *dependeDe*

Tabla A.2.14 Descripción de las relaciones del elemento *P_esfuerzo* empleando lógica de descriptores.

A2.2.5 Dificultad del material P_dificultad

Intentos $\hat{=}$ [$\exists \geq 1$ *facilita*. Interaccion
NivelDif $\hat{=}$ {alto, medio, bajo}
Tipo $\hat{=}$ [\exists *tiene*.Nivel
ObjetivoED $\hat{=}$ Tipo \sqcap Competencia \sqcap Concepto
TiempoPresen $\hat{=}$ *depende*. Tipo
TiempoPresen < P_esfuerzoEstimado
Pistas={si, no}
NivelDif $\hat{=}$ *presenta*. Pistas \sqcap *determina*. TiempoPresen \sqcap *proporciona*. Intentos
P_dificultad $\hat{=}$ *tiene*. NivelDif

$$S_estandar \doteq incluye.S_elementosEstandar$$

$$S_elementosEstandar \doteq (\exists \geq 1 \textit{corresponde}. P_dificultad)$$

Tabla A.2.15. Representación del elemento *P_dificultad* empleando lógica de descriptores.

La siguiente formalización presenta de manera resumida los elementos que describen las características de carácter pedagógico que permiten definir una determinada situación instructiva.

$$\textit{Material} \doteq tiene. P_tipoMaterial$$

$$P_tipoMaterial \doteq tiene.IDTipo \sqcap formadoPor. Componentes \sqcap presenta.P_dificultad$$

$$\textit{IdentifTipo} \doteq \{LO, QTI, UoL\}$$

$$UOL \doteq (\exists \geq 1 \textit{tiene}.LO) \sqcap (\exists \geq 1 \textit{tiene}.QTI)$$

$$\textit{Participante} = \{ \textit{estudiante}, \textit{profesor} \}$$

$$\textit{estudiante} \sqcap \textit{profesor} \doteq \perp$$

$$\textit{TipoAct} = \{ \textit{actividad_estudiante}, \textit{actividad_docente}, \textit{actividad_evaluación} \}$$

$$\textit{Actividad} \doteq tiene.TipoAct \sqcap tiene \textit{Descripcion} \sqcap tiene \textit{Orden} \sqcap (\exists \geq 1 \textit{usa}.Contenido)$$

$$\sqcap [\exists (\geq 1 \textit{desarrolladaPor}.Participante)]$$

$$\textit{TipoEstrag} \doteq dependeDe DC(\textit{disciplina})$$

$$\textit{TipoEstrag} = \{ \textit{ABP}, \textit{AOP}, \textit{PROC}, \textit{AC}, \textit{Otras} \}$$

$$P_dificultad \doteq dependeDe. P_esfuerzoEstimado$$

$$\textit{NivelDif} \doteq presenta. \textit{Pistas} \sqcap determina. \textit{TiempoPres} \sqcap proporciona. \textit{Intentos}$$

$$P_dificultad \doteq tiene. \textit{NivelDif}$$

$$S_elementosEstandar \doteq (\exists \geq 1 \textit{corresponde}. P_estrategia)$$

$$P_estrategia \doteq (\exists = 1 \textit{determinadaPor}. \textit{TipoEstrag}) \sqcap (\exists \geq 1 \textit{define}. \textit{Actividad})$$

$$\sqcap [\exists (\geq 1 \textit{potencia}. P_habilidades \sqcap presenta.P_dificultad$$

Tabla A.2.16. Representación de los elementos de la Vista P empleando lógica de descriptores.

A2.3 Elementos de la vista S

En esta sección se presenta la formalización de los elementos de la vista S (soporte tecnológico) del meta-modelo MD2 que permiten especificar las características del medio de soporte tecnológico del material, de manera que se aseguran algunas de las características definidas como deseables como son el carácter reutilizable del material,

el cumplimiento con los estándares y especificaciones *e-Learning*, que a su vez potencian la interoperabilidad entre sistemas heterogéneos, la accesibilidad, la capacidad de personalización y de mantenimiento del material.

A2.3.1 Formato y medio de presentación S_Medio

$\text{impreso} \sqsupset \text{hipermedia-Web} \doteq \perp$ $\text{web-semantic} \triangleleft \text{hipermedia-Web}$ $\text{ubicuo} \triangleleft \text{hipermedia-Web}$
$\text{IDMedio} = \{ \text{impreso, hipermedia-Web, web-semantic, ubicuo y otras} \}$ $\text{IDFormato} = \{ \text{doc, pdf, text/HTML-XML, OWL, RDF, WLM y otras} \}$ $\text{pdf} \sqsupset \text{HTML_XML} \doteq \perp$ $\text{OWL} \triangleleft \text{XML}$ $\text{RDF} \triangleleft \text{XML}$ $\text{WML} \triangleleft \text{XML}$ $\text{RDF} \sqsupset \text{OWL} \doteq \perp$ $\text{WML} \sqsupset \text{HTML_XML} \doteq \perp$ $\text{Formato} \doteq \text{tiene. IDFormato}$ $\text{IDIIdioma} = \{ \text{es, en, fr, pt, nl} \}$ $\text{en} \sqsupset \text{es} \doteq \perp$ $\text{es} \sqsupset \text{fr} \doteq \perp$ $\text{es} \sqsupset \text{pt} \doteq \perp$ $\text{es} \sqsupset \text{nl} \doteq \perp$ $\text{Idioma} \doteq \text{tiene. IDIdioma}$ $\text{S_Medio} \doteq \text{tiene. IDMedio} \sqcap (\exists = 1 \text{ usa. Formato}) \sqcap (\exists = 1 \text{ representadoEn. Idioma})$ $\text{usa} \doteq \text{usadoPor}^-$ $\text{representadoEn} \doteq \text{mostradoPor}^-$ $\text{S_Medio} \doteq \text{influye. S_interaccion}$ $\text{S_Medio} \doteq \text{define S_estandar}$ $\text{define} \doteq \text{esDefinido}^-$ $\text{influye} \doteq \text{dependeDe}^-$

Tabla A.2.17 Representación del elemento *S_Medio* empleando lógica de descriptores.

A2.3.2 Tipo de Interacción S_interaccion

Participa= { varios_estudiantes, un_estudiante}
 varios_estudiantes \sqcap un_estudiante $\doteq \perp$
 Inter_estudiante \doteq definidoPor Participa
 Nivel_inter \doteq depende. P_tipoMaterial \sqcap definidoPor. S_Medio
 Si Medio= Impreso \Rightarrow Nivel_inter= {muy bajo, bajo}
 Nivel_inter \doteq potencia. ClaseInt
 ClaseInt={activa, expositiva, mixta}
 activa \sqcap expositiva $\doteq \perp$
 S_interaccion \doteq refleja. Inter_estudiante \sqcap posee. Nivel_inter

Tabla A.2.18. Representación del elemento *S_interaccion* empleando lógica de descriptores

A2.3.3 Estándar de presentación o entrega S_estandar

IDStandar = { lom-cp, ims qti+ lom-cp, ims ld+ lom-cp}
 S_estandar \doteq definidoPor. P_tipoMaterial \sqcap definidoPor. S_Medio
 S_estandar \doteq identificadoPor IDStandar \sqcap ($\exists \geq 1$ contiene.S_elementosEstandar)

Tabla A.2.19. Representación del elemento *S_estandar* empleando lógica de descriptores

A2.3.4 Elementos del modelo de información de la especificación S_elementosEstandar

A2.3.4.1 Correspondencia con descriptores generales

Las siguientes subsecciones incluyen las relaciones que permiten obtener las correspondencias entre los elementos definidos en el meta-modelo MD2 y las descripciones generales definidas por los elementos del modelo de información de IMS LRMI (IEEE LOM).

A2.3.4.1.1 Categoría General

DC_tema \doteq seIdentifica. ID

$P_tipoMaterial \doteq tiene.IDTipo \sqcap formadoPor. Componentes$
 $IdentifTipo \doteq \{LO, QTI, UoL\}$
 $lom:title \doteq ID \sqcap IdentifTipo$

Tabla A.2.20. Representación de las relaciones para obtener el valor de *lom:title* empleando lógica de descriptores

$IDIdioma = \{ es, en, fr, pt, nl \}$
 $en \sqcap es \doteq \perp$
 $es \sqcap fr \doteq \perp$
 $es \sqcap pt \doteq \perp$
 $es \sqcap nl \doteq \perp$

$Idioma \doteq tiene. IDIdioma$

$S_Medio \doteq tiene. IDMedio \sqcap (\exists =1 usa. Formato) \sqcap (\exists =1 representadoEn. Idioma)$
 $lom:lang \doteq IDIdioma$

Tabla A.2.21. Representación de las relaciones para obtener el valor de *lom:lang* empleando lógica de descriptores

$lom:aggregationlevel=2, Si [IDTipo(LO) \sqcap Componentes (pagina)] \sqcup [IDTipo(QTI) \sqcap Componentes (pregunta-respuesta)]$
 $lom:aggregationlevel=3, Si [IDTipo(LO) \sqcap Componentes (paquete contenidos)] \sqcup [IDTipo(QTI) \sqcap componentes (examen)]$
 $lom:aggregationlevel=4, Si [IDTipo(LO) \sqcap Componentes (paquete contenidos)] \sqcup [IDTipo(QTI) \sqcap Componentes (examen)]$

Tabla A.2.22 Representación de las relaciones para obtener el valor de *lom:aggregation level* empleando lógica de descriptores

A2.3.4.1.2 Categoría Técnica

$S_Medio \doteq tiene. IDMedio \sqcap (\exists =1 usa. Formato)$
 $lom:format \equiv Formato, Si IDMedio(Hipermedia-Web)$

Tabla A.2.23. Representación de las relaciones para obtener el valor de *lom:format* empleando lógica de descriptores

$$\text{lom:duration} \equiv \text{P_esfuerzoEstimado}$$

Tabla A.2.24. Representación de las relaciones para obtener el valor de *lom:duration* empleando lógica de descriptores

A2.3.4.1.3 Categoría Clasificación

$$\begin{aligned} \text{lom:clasification(discipline). taxon} &\equiv \text{DC_disciplina (Id)} \\ \text{lom:clasification(educational objectives). taxon} &\equiv \text{P_habilidades} \end{aligned}$$

Tabla A.2.25. Representación de las relaciones para obtener el valor de *lom:clasification(discipline)* *lom:clasification(educational objectives)* empleando lógica de descriptores

$$\begin{aligned} \text{lom:clasification(discipline). taxon} &\equiv \text{DC_disciplina (Id)} \\ \text{lom:clasification(educational objectives). taxon} &\equiv \text{P_habilidades} \end{aligned}$$

Tabla A.2.26 Representación de las relaciones para obtener el valor de *lom:clasification(discipline)* empleando lógica de descriptores

A2.3.4.1.4 Categoría Educativa

$$\text{lom:learningResourceType} = [\forall \neg \text{P_TipoMaterial(UOL)}]$$

Tabla A.2.27. Representación de las relaciones para obtener el valor de *lom:learningResourceType* empleando lógica de descriptores

$$\begin{aligned} \text{S_interaccion} &\doteq \text{refleja. Inter_estudiante} \sqcap \text{posee. Nivel_inter} \\ \text{lom:interactivityLevel} &\equiv \text{Nivel_inter} \end{aligned}$$

Tabla A.2.28. Representación de las relaciones para obtener el valor de *lom:interactivityLevel* empleando lógica de descriptores

$$\text{Nivel_inter} \doteq \text{potencia. ClaseInt}$$

$$S_interaccion \doteq \text{refleja. Inter_estudiante} \sqcap \text{posee. Nivel_inter}$$

$$\text{lom:interactivitytype} \equiv \text{ClaseInt}$$

Tabla A.2.29 Representación de las relaciones para obtener el valor de *lom:interactivitytype* empleando lógica de descriptores.

$$\text{NivelDif} \doteq \text{presenta. Pistas} \sqcap \text{determina. TiempoPres} \sqcap \text{proporciona. Intentos}$$

$$P_dificultad \doteq \text{tiene. NivelDif}$$

$$\text{lom:difficulty} \equiv \text{NivelDif}$$

Tabla A.2.30. Representación de las relaciones para obtener el valor de *lom:interactivitytype* empleando lógica de descriptores.

$$\text{DC_tiempoEstimado} \doteq \text{tiene. Duracion}$$

$$\text{lom: typicalLearningTime} \equiv \text{DC_tiempoEstimado}$$

Tabla A.2.31. Representación de las relaciones para obtener el valor de *lom: typicalLearningTime* empleando lógica de descriptores

A2.3.4.2 Correspondencia con descriptores de presentación y entrega

Las siguientes subsecciones incluyen las relaciones que permiten obtener las correspondencias entre los elementos definidos en el meta-modelo MD2 y las descripciones de los modelos de información IMS QTI y IMS LD para los diferentes tipos de materiales considerados en el meta-modelo.

$$\text{Correspondencia} \doteq \text{P_tipoMaterial} \sqcap \text{S_Medio} \sqcap \text{Nivel_inter}$$

Tabla A.2.32 Definición del elemento Correspondencia empleando lógica de descriptores

A2.3.4.2.1 Correspondencias con descriptores de presentación del modelo de información IMS QTI

NivelDif $\hat{=}$ *presenta*. Pistas \sqcap *determina*. TiempoPres \sqcap *proporciona*. Intentos

P_dificultad $\hat{=}$ *tiene*. NivelDif

qti:assessment:selectionordering responses $\hat{=}$ *depende*. NivelDif

qti:item:presentation:responselid:render_choice $\hat{=}$ *depende*. NivelDif

Tabla A.2.33. Definición de las relaciones para definir *qti:item:presentation* empleando lógica de descriptores

qti:item:feedback $\hat{=}$ *depende*. Pistas

qti:item:integratedFeedback $\hat{=}$ *depende*. Pistas

Tabla A.2.34. Definición de las relaciones para definir *qti:item:feedback* empleando lógica de descriptores

qti:item:Maximum number of attempts \equiv Intentos

qti:item:presentation:responselid:rcardinality \equiv Intentos

Tabla A.2.35. Definición de las relaciones para definir *qti:item:presentation:responselid:rcardinality* empleando lógica de descriptores

P_esfuerzoEstimado $\hat{=}$ *tiene*. duracionEsf

duracionEsf < Duracion

qti:dependent item \equiv duracionEsf

qti:item:presentation:responselid:rtiming \equiv duracionEsf

Tabla A.2.36. Definición de las relaciones para definir *qti:item:presentation:responselid:rtiming* empleando lógica de descriptores

A2.3.4.2.2 Correspondencias con descriptores de presentación del modelo de información IMS LD

TipoEstrag={ ABP, AOP, PROC, AC, Otras}

$P_estrategia \doteq (\exists =1 \text{ determinadaPor. TipoEstrag}) \sqcap (\exists \geq 1 \text{ define. Actividad}) \sqcap [\exists (\geq 1 \text{ potencia. P_habilidades}) \sqcap \text{presenta.P_dificultad}]$

$\text{ImslD:learningdesign} \doteq \text{representa P_estrategia}$

Tabla A.2.37 Definición de las relaciones para definir *ImslD:learningdesign* empleando lógica de descriptores

Participante={ estudiante, profesor}

$\text{estudiante} \sqcap \text{profesor} \doteq \perp$

$\text{Actividad} \doteq \text{tiene.TipoAct} \sqcap \text{tiene. Descripcion} \sqcap \text{tiene. Orden} \sqcap (\exists \geq 1 \text{ usa.Contenido}) \sqcap [\exists (\geq 1 \text{ desarrollada.Participante})] \sqcap \text{tiene.Colab}$

$\text{imslD:rol} \doteq \text{definidoPor.Participante.}$

Tabla A.2.38. Definición de las relaciones para definir *imslD:rol* empleando lógica de descriptores

$\text{imslD:learning-activity} \doteq \text{definidoPor.Participante(estudiante)}$

$\text{imslD:support-activity} \doteq \text{definidoPor.Participante(profesor).}$

Tabla A.2.39. Definición de las relaciones para definir *obtener imslD:learning-activity* y *imslD:support-activity* empleando lógica de descriptores

$\text{imslD:learning-activity:activity-description.item} \equiv \text{Descripcion} \sqcap \text{TipoAct}$

$\text{imslD:support-activity:activity-description.item} \equiv \text{Descripcion} \sqcap \text{TipoAct}$

Tabla A.2.40. Definición de las relaciones para definir *obtener imslD:learning-activity* y *imslD:support-activity* empleando lógica de descriptores

$$\text{Tipo} \doteq \exists \text{ tiene. Nivel}$$

$$\text{Nivel} \doteq \{1,2,3,4,5,6,7\}$$

$$\text{ObjetivoED} \doteq \text{Tipo} \sqcap \text{Competencia} \sqcap \text{Concepto}$$

$$\text{DC_listadoCompetencias} \doteq \exists \text{ contiene. } (>1\text{ObjetivoED})$$

$$\text{P_habilidades} \triangleleft \text{DC_listadoCompetencias}$$

$$\text{imsl:d:learning-activity:learning-objectives} \equiv \text{ObjetivoEd}$$

Tabla A.2.41. Definición de las relaciones para definir obtener *imsl:d:learning-activity:learning-objectives* empleando lógica de descriptores

$$\text{imsl:d:learning-activity:prerequisites} \doteq \text{dependeDe. Orden} \sqcap \text{P_habilidades}$$

$$\text{Orden}(1), \text{imsl:d:learning-activity:prerequisites} \equiv \text{imsl:d:prerequisite}$$

Tabla A.2.42. Definición de las relaciones para definir obtener *imsl:d:learning-activity:learning-objectives* empleando lógica de descriptores

$$\text{TiempoPresen} \triangleleft \text{P_esfuerzoEstimado}$$

$$\text{NivelDif} \doteq \text{presenta. Pistas} \sqcap \text{determina. TiempoPresen} \sqcap \text{proporciona. Intentos}$$

$$\text{P_dificultad} \doteq \text{tiene. NivelDif}$$

$$\text{imsl:d:learning-activity:complete-activity:time-limit} \equiv \text{TiempoPresen}$$

Tabla A.2.43. Definición de las relaciones para definir *imsl:d:learning-activity:complete-activity:time-limit* empleando lógica de descriptores

$$\text{imsl:d:learning-activity:complete-activity} \doteq \text{dependeDe P_dificultad}$$

Tabla A.2.44. Definición de las relaciones para definir obtener *imsl:d:learning-activity:complete-activity* empleando lógica de descriptores

$\text{imsl:d:learning-activity:on-completion:feedback-description} \doteq \text{Pistas}$

Tabla A.2.45. Definición de las relaciones para definir obtener *imsl:d:learning-activity:on-completion:feedback-description* empleando lógica de descriptores

$\text{imsl:d:activity-structure} \doteq \text{dependeDe. P_habilidades} \sqcap \text{dependeDe.TipoAct}$

Tabla A.2.46. Definición de las relaciones para definir obtener *imsl:d:activity-structure* empleando lógica de descriptores

$\text{P_estrategia} \doteq \exists \text{definidaPor. P_tipoMaterial}$

$\text{P_tipoMaterial} \doteq \text{tiene. IDTipo} \sqcap \text{formadoPor. Componentes} \sqcap \text{presenta.P_dificultad}$

$\text{IDTipo} \doteq \{\text{LO, QTI, UoL}\}$

$\text{LO} \sqcap \text{QTI} \doteq \perp$

$\text{UOL} \doteq (\exists \geq 1 \text{ tiene.LO}) \sqcap (\exists \geq 1 \text{ tiene.QTI})$

$\text{Contenido} \equiv \text{LO} \sqcup \text{QTI}$

$\text{Contenido} = \text{potencia. P_habilidades}$

$\text{Actividad} \doteq \text{tiene.TipoAct} \sqcap \text{tiene.Descripcion} \sqcap \text{tiene.Orden} \sqcap (\exists \geq 1$

$\text{usa.Contenido}) \sqcap [(\exists \geq 1 \text{ desarrollada.Participante})] \sqcap \text{tiene.Colab}$

$\text{imsl:d:environment:learning-object} \equiv \text{incluye Contenido}$

Tabla A.2.47. Definición de las relaciones para definir obtener *imsl:d:environment:learning-object* empleando lógica de descriptores

$\text{Participa} = \{\text{varios_estudiantes, un_estudiante}\}$

$\text{varios_estudiantes} \sqcap \text{un_estudiante} \doteq \perp$

$\text{Inter_estudiante} \doteq \text{definidoPor Participa}$

$\text{S_interaccion} \doteq \text{refleja. Inter_estudiante} \sqcap \text{posee. Nivel_inter}$

$\text{imsl:d:environment: service} \doteq \text{dependeDe. P_estrategia} \sqcap \text{dependeDe. S_interaccion}$

Tabla A.2.48 Definición de las relaciones para definir obtener *imsl:d:environment:service* empleando lógica de descriptores

$$\text{Imsld:act} \equiv \text{dependeDe. DC_tema} \sqcap \text{ordenadopor. DC_listadoCompetencias}$$

Tabla A.2.49. Definición de las relaciones para definir obtener *Imsld:act* empleando lógica de descriptores

$$\text{Imsld:learning-objectives} \equiv \text{P_habilidades}$$

Tabla A.2.50. Definición de las relaciones para definir obtener *Imsld:learning-objectives* empleando lógica de descriptores

$$s_{UC_Temas} \doteq \exists \geq 1 \text{ contiene. Tema}$$

$$UC \doteq \exists \text{ contiene. } s_{UC_Temas}$$

$$AC \doteq \exists \text{ contiene. UC}$$

$$DC_disciplina \triangleleft AC$$

$$\text{Imsld:pre-requisites} \doteq \text{depende. } s_{UC_Temas}$$

Tabla A.2.51. Definición de las relaciones para definir obtener *Imsld:pre-requisites* empleando lógica de descriptores

A2.4 Elementos de la vista C-U

En esta sección se presenta la formalización de los elementos de la vista C-U (calidad-usabilidad) del meta-modelo MD2. Dichos elementos facilitara la información necesaria para la realización de la etapa de evaluación durante el desarrollo del material didáctico. Ésta es una evaluación formativa que permitirá valorar los objetivos: utilidad pedagógica y usabilidad de la interfaz como indicadores de la calidad y posible efectividad del material obtenido como soporte un proceso educativo.

A2.4.1 Elemento DescriptorCU

La formalización del resto de los elementos de la vista C-U se deriva de la definición general del elemento DescriptorCU (Calidad-Usabilidad) que se presenta en la siguiente tabla.

Feature_id $\hat{=}$ Elementos de las vistas DC, P, S
Elemento \leftarrow Feature_id
Etapa $\hat{=}$ { seleccion, composicion }
seleccionar $\hat{=}$ localizar \sqcap recuperar
Accion $\hat{=}$ { seleccionar, adicionar, editar, borrar, agrupar, versionar }
Prop_rediseño $\hat{=}$ observa. Feature_id \sqcap propone. Accion \sqcap actua. Elemento \sqcap relacionadoCon. Etapa
Recomenda $\hat{=}$ $\exists \geq 1$ tiene.Prop_rediseño, [ValorObservado = difiere.(Umbral)]
Aspecto $\hat{=}$ tiene.ValorObservado \sqcap propone.Recomenda
Aspectos $\hat{=}$ $\exists \geq 1$ tiene.Aspecto
TipoObjetivo $\hat{=}$ { usabilidad, utilidad }
Criterio $\hat{=}$ tiene.Nombre \sqcap analiza. Aspectos
Criterios $\hat{=}$ $\exists \geq 1$ tiene. Criterio
Umbral $\hat{=}$ determinadaPor.(ExtemoInf \sqcap ExtemoSup)
Valor $\hat{=}$ { muy poco relevante, poco relevante, medio relevante, bastante relevante, muy relevante }
difiere $\hat{=}$ igual ⁻
Recomendaciones $\hat{=}$ $\exists \geq 1$ tiene.Recomenda
Reglas $\hat{=}$ (Relevancia_r1 \sqcap Relevancia_r2 \sqcap Relevancia_r3 \sqcap Relevancia_r4 \sqcap Relevancia_r5)
Valor $\hat{=}$ definidoPor.Reglas
Relevancia $\hat{=}$ tiene.Valor \sqcap determinadaPor. Criterios \sqcap controladaPor. Umbral \sqcap propone.Recomendaciones
Descriptor CU $\hat{=}$ expresa.Grado \sqcap definidoPor. Relevancia \sqcap tiene. TipoObjetivo
Material $\hat{=}$ $\exists \geq 1$ tiene. Descriptor CU

Tabla A.2.52. Representación del elemento *DescriptorCU* y sus relaciones empleando lógica de descriptores

Así los elementos *C_utilidadP* y *U_usabilidad* se pueden representar como instancias o especializaciones del elemento *DescriptorCU*.

$$C_utilidadP \triangleleft \text{DescriptorCU}$$

$$U_usabilidad \triangleleft \text{DescriptorCU}$$

$$C_utilidadP \sqcap U_usabilidad \triangleq \perp$$

$$\text{Material} \triangleq \exists \geq 1 \text{ tiene. DescriptorCU}$$

Tabla A.2.53. Representación de las instancias del elemento *Descriptor CU*

En las siguientes secciones se presentan los elementos descriptores relacionados con la utilidad pedagógica y cuyos identificadores se inician con C (Calidad) y los relacionados con la usabilidad, con identificadores iniciados con U. Para cada uno de los criterios incluidos en estos descriptores se presentan los aspectos que deben considerarse para su evaluación y las recomendaciones para los rediseños, en los casos en que las valoraciones no sean satisfactorias.

A2.4.2 Elementos descriptores relacionados con la utilidad pedagógica (C)

A2.4.2.1 Umbral de calidad C_umbral

$$\text{Umbral}(C_umbral) \triangleq \text{determinadaPor ExtemoInf(Medio) } \sqcap \text{ determinadaPor.}$$

$$\text{ExtemoSup}$$

$$C_completitud \sqcap C_coherenciaC \triangleq \perp$$

$$C_completitud \sqcap C_exactitudC \triangleq \perp$$

$$C_coherenciaC \sqcap C_exactitudC \triangleq \perp$$

$$C_umbral \triangleq \text{controla.} C_completitud$$

$$C_umbral \triangleq \text{controla.} C_riquezaC$$

$$C_umbral \triangleq \text{controla.} C_coherenciaC$$

$$C_umbral \triangleq \text{controla.} C_exactitudC$$

Tabla A.2.54. Representación de las relaciones de la instancia *Umbral(C_umbral)*

A2.4.2.2 Criterio Riqueza C_riqueza

Info={ninguna informacion, poca informacion, medio informacion, bastante informacion, mucha informacion }

Aspecto (cant_inform) \doteq *tiene*.ValorObservado(Info) \sqcap *propone*.Recomenda
(cant_inform)

Presen={ninguna forma, poca formas, alguna formas, bastante formas, muchas formas}

Aspecto (form_present) \doteq *tiene*.ValorObservado(Presen)
 \sqcap *propone*.Recomenda(form_present)

Tabla A.2.55. Representación de las relaciones de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio *C_riqueza*

Prop_rediseño(cant_inform1) \doteq *observa*. Feature_id (ObjetivoED) \sqcap *propone*. Accion
(seleccionar) \sqcap *actua*. Elemento (Contenido) \sqcap *relacionadoCon*. Etapa (seleccion)

Prop_rediseño(cant_inform2) \doteq *observa*. Feature_id (ObjetivoED) \sqcap *propone*. Accion
(versionar) \sqcap *actua*. Elemento (Contenido) \sqcap *relacionadoCon*. Etapa (seleccion)

Recomenda(cant_inform) \doteq *tiene*.Prop_rediseño(cant_inform 1) \sqcap

Prop_rediseño(cant_inform 2) \sqcap Recomenda(balance), [Info(ninguna informacion) \sqcup
Info (poca informacion)]

Prop_rediseño(cant_inform1) \doteq *observa*. Feature_id (ObjetivoED) \sqcap *propone*. Accion
(seleccionar) \sqcap *actua*. Elemento (Contenido) \sqcap *relacionadoCon*. Etapa (seleccion)

Recomenda (form_present) \doteq $\exists \geq 1$ *tiene*.Prop_rediseño(form_present)

Prop_rediseño(form_present) \doteq *observa*. Feature_id (Participante) \sqcap *propone*. Accion
(modificar) \sqcap *actua*. Elemento(S_elementosEstandar) \sqcap *relacionadoCon*.

Etapa(Seleccion), [Present(ninguna forma) \sqcup Present(poca forma)]

Tabla A.2.56. Representación de las Recomendaciones para el Criterio *C_riqueza* (I)

De acuerdo con dichas descripciones anteriores el Criterio $C_riqueza$ se podrá definir como se presenta en la siguiente tabla:

$$\text{Aspectos(Riqueza)} \doteq \text{Aspecto (form_present)} \sqcap \text{Aspecto (cant_inform)}$$

$$\text{Criterio}(C_riqueza) \doteq \text{tiene.Nombre(Riqueza)} \sqcap \text{analiza.Aspectos(Riqueza)}$$

Tabla A.2.57. Representación de la definición del Criterio $C_riqueza$ usando lógica de descripciones

A2.4.2.3 Criterio Completitud $C_completitud$

Objetivo = {ninguna cobertura, poca cobertura, media cobertura, bastante cobertura, mucha cobertura}

$$\text{Aspecto (cobertura)} \doteq \text{tiene.ValorObservado(Objetivo)} \sqcap \text{propone.Recomenda (cobertura)}$$

Interac = {nada idoneo, poco idoneo, medio idoneo, bastante idoneo, muy idoneo}

$$\text{Aspecto (idoneidad)} \doteq \text{tiene.ValorObservado(Interac)} \sqcap \text{propone.Recomenda (idoneidad)}$$

Tabla A.2.58. Representación de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio $C_completitud$.

$$\text{Prop_rediseño(cobertura1)} \doteq \text{observa.Feature_id (ObjetivoED)} \sqcap \text{propone.Accion (seleccionar)} \sqcap \text{actua.Elemento (Contenido)} \sqcap \text{relacionadoCon.Etapa (seleccion)}$$

$$\text{Prop_rediseño(cobertura2)} \doteq \text{observa.Feature_id (ObjetivoED)} \sqcap \text{propone.Accion (versionar)} \sqcap \text{actua.Elemento (Contenido)} \sqcap \text{relacionadoCon.Etapa (seleccion)}$$

$$\text{Prop_rediseño(cobertura3)} \doteq \text{observa.Feature_id (ObjetivoED)} \sqcap \text{propone.Accion (verificar)} \sqcap \text{actua.Elemento (Contenido)} \sqcap \text{relacionadoCon.Etapa (composicion)}$$

$$\text{Recomenda(cobertura)} \doteq \text{tiene.Prop_rediseño(cobertura1)} \sqcap \text{Prop_rediseño(cobertura}$$

2) \sqcup Prop_rediseño(cobertura3), [Objetivo(ninguna cobertura) \sqcup Objetivo(poca cobertura)]

Prop_rediseño(ideoneidad1) \doteq observa. Feature_id(S_interaccion) \sqcap propone.

Accion(verificar) \sqcap actua. elemento(P_estrategia) \sqcap relacionadoCon. Etapa (selección)

Prop_rediseño(ideoneidad2) \doteq observa. Feature_id(S_interaccion) \sqcap propone.

Accion(modificar) \sqcap actua. Elemento(S_elementosEstandar) \sqcap relacionadoCon. Etapa (composicion)

Recomenda(ideoneidad) \doteq tiene.Prop_rediseño(ideoneidad1) \sqcup

Prop_rediseño(ideoneidad 2), [Interacc(nada idoneo) \sqcup Interacc(poco idoneo)]

Tabla A.2.59. Representación de las Recomendaciones para el Criterio $C_{completitud}$.

De acuerdo con dichas descripciones anteriores el Criterio $C_{completitud}$ se podrá definir como se presenta en la siguiente tabla:

Aspectos(Completitud) \doteq Aspecto (cobertura) \sqcap Aspecto (idoneidad)

Criterio($C_{completitud}$) \doteq tiene.Nombre(Completitud) \sqcap analiza.

Aspectos(Completitud)

Tabla A.2.60 Representación de la definición del Criterio $C_{completitud}$ utilizando lógica de descripciones.

A2.4.2.4 Criterio Coherencia de los contenidos $C_{coherenciaC}$

Contradicc={ninguna contradiccion, poca contradiccion, alguna contradiccion, bastante contradiccion, mucha contradiccion }

Aspecto (contradicciones) \doteq tiene.ValorObservado(Contradicc) \sqcap propone.Recomenda (contradicciones))

Tabla A.2.61. Representación de los Aspectos a considerar en el Criterio $C_{coherenciaC}$.

$\text{Prop_rediseño}(\text{contradicciones1}) \doteq \text{observa. Feature_id (DC_Tema)} \sqcap \text{propone. Accion}$
 $(\text{seleccionar}) \sqcap \text{actua. Elemento (Contenido)} \sqcap \text{relacionadoCon. Etapa (seleccion)}$
 $\text{Prop_rediseño}(\text{contradicciones2}) \doteq \text{observa. Feature_id (ObjetivoED)} \sqcap \text{propone.}$
 $\text{Accion (modificar)} \sqcap \text{actua. Elemento (Contenido)} \sqcap \text{relacionadoCon. Etapa (seleccion)}$

$\text{Recomenda}(\text{contradicciones}) \doteq \text{tiene. Prop_rediseño}(\text{contradicciones1}) \sqcup$
 $\text{Prop_rediseño}(\text{contradicciones2}), [\text{Contradicc}(\text{bastante contradiccion}) \sqcup$
 $\text{Contradicc}(\text{mucha contradiccion})]$

Tabla A.2.62. Representación de las Recomendaciones para el Criterio $C_{\text{coherenciaC}}$.

De acuerdo con dichas descripciones anteriores el Criterio $C_{\text{coherenciaC}}$ se podrá definir como se presenta en la siguiente tabla:

$\text{Aspectos}(\text{Coherencia}) \doteq \text{Aspecto (contradicciones)}$
 $\text{Criterio}(C_{\text{coherencia}}) \doteq \text{tiene.Nombre}(\text{Coherencia}) \sqcap \text{analiza. Aspectos}(\text{Coherencia})$

Tabla A.2.63. Representación de la definición del Criterio $C_{\text{coherencia}}$ usando lógica de descripciones.

A2.4.2.5 Criterio Exactitud de los contenidos $C_{\text{exactitudC}}$

$\text{RelacionTe} = \{\text{nada relacionado, poco relacionado, medio relacionada, bastante relacionado, muy relacionado}\}$

$\text{Aspecto (relacionTema)} \doteq \text{tiene.ValorObservado}(\text{RelacionTe}) \sqcap \text{propone.Recomenda}$
 (relacionTema)

$\text{RelacionObj} = \{\text{nada relacionado, poco relacionado, medio relacionada, bastante relacionado, muy relacionado}\}$

Aspecto (relacionObjetivos) $\hat{=}$ *tiene*.ValorObservado(RelacionObj)

\sqcap *propone*.Recomenda (relacionObjetivos)

Tabla A.2.64. Representación de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio *C_exactitudC*.

Prop_rediseño(relacionTema1) $\hat{=}$ *observa*. Feature_id (DC_Tema) \sqcap *propone*. Accion (modificar) \sqcap *actua*. Elemento (Contenido) \sqcap *relacionadoCon*. Etapa (seleccion)

Prop_rediseño(relacionTema2) $\hat{=}$ *observa*. Feature_id (DC_Tema) \sqcap *propone*. Accion (sustituir) \sqcap *actua*. Elemento (Contenido) \sqcap *relacionadoCon*. Etapa (seleccion)

Recomenda(relacionTema) $\hat{=}$ *tiene*.Prop_rediseño(relacionTema1) \sqcup

Prop_rediseño(relacionTema2), [RelacionTe(nada relacionado) \sqcup RelacionTe(poco relacionado)]

Prop_rediseño(relacionObjetivo1) $\hat{=}$ *observa*. Feature_id (ObjetivoED) \sqcap *propone*. Accion (modificar) \sqcap *actua*. Elemento (Contenido) \sqcap *relacionadoCon*. Etapa (seleccion)

Prop_rediseño(relacionObjetivo2) $\hat{=}$ *observa*. Feature_id (ObjetivoED) \sqcap *propone*. Accion (sustituir) \sqcap *actua*. Elemento (Contenido) \sqcap *relacionadoCon*. Etapa (seleccion)

Recomenda(relacionObjetivo) $\hat{=}$ *tiene*.Prop_rediseño(relacionObjetivo1) \sqcup

Prop_rediseño(relacionObjetivo2), [RelacionObj(Nada relacionado) \sqcup RelacionObj (Poco relacionado)]

Tabla A.2.65. Representación de las Recomendaciones para el Criterio *C_exactitud*.

De acuerdo con dichas descripciones el Criterio *C_exactitud* se podrá representar como en la tabla siguiente:

Aspectos(Exactitud) $\hat{=}$ Aspecto (relacionTema) \sqcap Aspecto(relacionObjetivos)

Criterio(C_exactitud) $\hat{=}$ *tiene*.Nombre(Exactitud) \sqcap *analiza*. Aspectos(Exactitud)

Tabla A.2.66. Representación de la definición del Criterio *C_exactitud* usando lógica de descripciones.

A2.4.2.6 Criterio Estructura del hipertexto $C_{estructuraH}$

$$\text{EstructuraB} = \{\text{balanceada}, \text{no balanceada}\}$$

$$\text{Aspecto}(\text{balance}) \doteq \text{tiene.ValorObservado}(\text{EstructuraB}) \sqcap \text{propone.Recomenda}(\text{balance})$$

Tabla A.2.67. Representación de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio $C_{estructuraH}$.

$$\text{Prop_rediseño}(\text{balance1}) \doteq \text{observa.Feature_id}(\text{P_tipoMaterial}) \sqcap \text{propone.}$$

$$\text{Accion}(\text{suprimir}) \sqcap \text{actua.Elemento}(\text{Componentes}) \sqcap \text{relacionadoCon.Etapa}(\text{seleccion})$$

$$\text{Prop_rediseño}(\text{balance2}) \doteq \text{observa.Feature_id}(\text{P_tipoMaterial}) \sqcap \text{propone.}$$

$$\text{Accion}(\text{adicionar}) \sqcap \text{actua.Elemento}(\text{Componentes}) \sqcap \text{relacionadoCon.}$$

$$\text{Etapa}(\text{seleccion})$$

$$\text{Prop_rediseño}(\text{balance3}) \doteq \text{observa.Feature_id}(\text{P_tipoMaterial}) \sqcap \text{propone.}$$

$$\text{Accion}(\text{agrupar}) \sqcap \text{actua.Elemento}(\text{Componentes}) \sqcap \text{relacionadoCon.Etapa}(\text{seleccion})$$

$$\text{Recomenda}(\text{balance}) \doteq \text{Prop_rediseño}(\text{balance1}) \sqcup \text{Prop_rediseño}(\text{balance2}) \sqcup$$

$$\text{Prop_rediseño}(\text{balance3}), [\text{EstructuraB}(\text{no balanceada})]$$

Tabla A.2.68. Representación de las Recomendaciones para el Criterio $C_{estructuraH}$.

De acuerdo con dichas descripciones anteriores el Criterio $C_{estructuraH}$ se podrá definir como se presenta en la siguiente tabla:

$$\text{Aspectos}(\text{Balance}) \doteq \text{Aspecto}(\text{balance})$$

$$\text{Criterio}(C_{estructuraH}) \doteq \text{tiene.Nombre}(\text{BalanceEst}) \sqcap \text{analiza.Aspectos}(\text{Balance})$$

Tabla A.2.69. Representación de la definición del Criterio $C_{estructuraH}$ usando lógica de descripciones.

A2.4.2.7 Relevancia del material respecto a la utilidad C_relevancia

Grado_relevancia = {muy poco relevante, poco relevante, medio relevante, bastante relevante, muy relevante }

$$\text{Recomenda}(C_relevancia) \doteq \exists \geq 1 \text{ tiene. Prop_rediseño, [ValorObservado(Aspecto (Criterios (utilidad)). difiere(Umbral(Umbral_C))}]$$

$$\text{Recomendaciones}(C_relevancia) \doteq \exists \geq 1 \text{ tiene.Recomenda}(C_relevancia)$$

$$\text{Reglas}(C_relevancia) \doteq [\text{Relevancia_r1}(C_Relevancia) \sqcap \text{Relevancia_r2}(C_Relevancia) \sqcap$$

$$\text{Relevancia_r3}(C_Relevancia) \sqcap \text{Relevancia_r4}(C_Relevancia) \sqcap \text{Relevancia_r5}(C_Relevancia)]$$

$$\text{Valor}(\text{Grado_relevancia}) \doteq \text{definidoPor.Reglas}(C_relevancia)$$

$$\text{Criterios}(\text{utilidad}) \doteq C_riqueza \sqcap C_estructuraH \sqcap C_completitud \sqcap C_coherenciaC \sqcap$$

$$\text{Criteriodisc}(C_exactitudC)$$

$$\text{Relevancia}(C_relevancia) \doteq \text{tiene.Valor}(\text{Grado_relevancia}) \sqcap \text{determinadaPor.}$$

$$\text{Criterios}(\text{utilidad}) \sqcap \text{controladaPor. Umbral}(C_umbral) \sqcap \text{propone.Recomendaciones}$$

$$(C_relevancia)$$

Tabla A.2.70. Representación de la definición del Criterio *C_relevancia* usando lógica de descripciones.

A2.4.2.8 Utilidad pedagógica C_utilidadP

Grado_utilidad = {muy poco util, poco util, medianamente util, bastante util, muy util }

$$\text{Descriptor CU}(C_utilidad) \doteq \text{expresa.Grado}(\text{Grado_utilidad}) \sqcap \text{definidoPor.}$$

$$\text{Relevancia}(C_relevancia) \sqcap \text{tiene. TipoObjetivo}(\text{Calidad})$$

$$\text{Material} \doteq \text{tiene. DescriptorCU}(C_utilidad)$$

Tabla A.2.71. Representación de la definición del Criterio *C_utilidad* usando lógica de descripciones.

A2.4.3 Elementos descriptores relacionados con la usabilidad de la interfaz (U)

A2.4.3.1 Umbral de usabilidad U_umbral

$Umbral(U_umbral) \doteq determinadaPor\ ExtemoInf(\text{medio}) \sqcap determinadaPor.$

$ExtemoSup$

$U_autoEvidencia \sqcap U_cantidadError \doteq \perp$

$U_autoEvidencia \sqcap U_tiempoFam \doteq \perp$

$U_autoEvidencia \sqcap U_consistencia \doteq \perp$

$U_autoEvidencia \sqcap U_facilUso \doteq \perp$

$U_cantidadError \sqcap U_facilUso \doteq \perp$

$U_cantidadError \sqcap U_consistencia \doteq \perp$

$U_cantidadError \sqcap U_tiempoFam \doteq \perp$

$U_tiempoFam \sqcap U_consistencia \doteq \perp$

$U_consistencia \sqcap U_facilUso \doteq \perp$

$U_umbral \doteq controla. U_autoEvidencia$

$U_umbral \doteq controla. U_cantidadError$

$U_umbral \doteq controla. U_tiempoFam$

$U_umbral \doteq controla. U_consistencia$

$U_umbral \doteq controla. U_facilUso$

Tabla A.2.72. Representación de las relaciones de U_umbral usando lógica de descripciones.

A2.4.3.2 Criterio Auto-evidencia $U_autoevidencia$

Presenta = {muy poco clara, poco clara, medianamente clara, bastante clara, muy clara}

Aspecto (presentacion) $\doteq tiene.ValorObservado(Presenta) \sqcap propone.Recomenda$

(presentacion)

Tabla A.2.73. Representación de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio *U_autoevidencia*

Prop_rediseño(presentacion1) $\hat{=}$ *observa*. Feature_id (P_Habilidades) \sqcap *propone*.
 Accion(verificar) \sqcap *actua*. Elemento(Contenido) \sqcap *relacionadoCon*. Etapa(seleccion)
 Prop_rediseño(presentacion2) $\hat{=}$ *observa*. Feature_id (P_tipoMaterial) \sqcap *propone*.
 Accion(modificar) \sqcap *actua*. Elemento(Contenido) \sqcap *relacionadoCon*. Etapa(seleccion)

Recomenda(presentacion) $\hat{=}$ Prop_rediseño(presentacion1) \sqcup

Prop_rediseño(presentacion2) [Presenta(muy poco clara) \sqcup Presenta(poco clara)]

Tabla A.2.74. Representación de las Recomendaciones para el Criterio *U_autoevidencia*.

De acuerdo con estas descripciones el Criterio *U_autoevidencia* se podrá describir como en la tabla que presentamos a continuación:

Criterio(*U_autoevidencia*) $\hat{=}$ *tiene*.Nombre(Autoevidencia) \sqcap *analiza*.

Aspectos(Presentacion)

Tabla A.2.75. Representación de la definición del Criterio *U_autoevidencia* usando lógica de descripciones.

A2.4.3.3 Criterio Cantidad y severidad de errores *U_cantidadError*

Err = {muy pocos errores, pocos errores, medio errores, bastantes errores, muchos errores}

Aspecto (cantidad_errores) $\hat{=}$ *tiene*.ValorObservado(Err) \sqcap *propone*.Recomenda
 (cantidad_errores)

Gravedad= {muy poco impacto, poco impacto, mediano impacto, bastante impacto,

mucho impacto}

Aspecto (severidad) \doteq *tiene*.ValorObservado(Gravedad) \sqcap *propone*.Recomenda
(severidad)

Tabla A.2.76. Representación de las relaciones para los Aspectos a considerar en el Criterio *U_cantidadError*.

Prop_rediseño(cantidad_errores) \doteq *observa*. Feature_id (Componentes) \sqcap *propone*.

Accion(modificar) \sqcap *actua*. Elemento(S_elementosEstandar) \sqcap *relacionadoCon*.

Eta(a(composicion)

Recomenda (cantidad_errores) \doteq Prop_rediseño(cantidad_errores, [Err(bastantes
errores) \sqcup Err(muchos errores)]

Prop_rediseño(severidad) \doteq *observa*. Feature_id (Componentes) \sqcap *propone*.

Accion(modificar) \sqcap *actua*. Elemento(S_elementosEstandar) \sqcap *relacionadoCon*.

Eta(a(composicion)

Recomenda (severidad) \doteq Prop_rediseño(severidad) [Gravedad (bastante
impacto) \sqcup Gravedad (mucho impacto)]

Tabla A.2.77. Representación de las Recomendaciones para el Criterio *U_cantidadError*.

De acuerdo con dichas descripciones el Criterio *U_cantidadError* se podrá describir como se presenta a continuación:

Aspectos(Errores) \doteq Aspecto (cantidad_errores) \sqcap Aspecto (severidad))

Criterio(U_cantidadError) \doteq *tiene*.Nombre(CantidadErroresUsab) \sqcap *analiza*.

Aspectos(Errores)

Tabla A.2.78. Representación de la definición Criterio *U_cantidadError* usando lógica de descripciones.

A2.4.3.4 Criterio Tiempo de familiarización U_tiempoFam

TiempoFam = { mucho mas tiempo, algo mas tiempo, igual tiempo, algo menos tiempo, mucho menos tiempo }

Aspecto (tiempobserv) \doteq tiene.ValorObservado(TiempoFam)

\sqcap propone.Recomenda (tiempobserv)

Tabla A.2.79. Representación de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio U_tiempoFam.

Prop_rediseño(tiempobserv1) \doteq observa. Feature_id (P_dificultad) \sqcap propone.

Accion(verificar) \sqcap actua. Elemento(P_esfuerzoEstimado) \sqcap relacionadoCon.

Etapa(seleccion)

Prop_rediseño(tiempobserv2) \doteq observa. Feature_id (P_dificultad) \sqcap propone.

Accion(modificar) \sqcap actua. Elemento(TiempoPresen) \sqcap relacionadoCon. Etapa(seleccion)

Prop_rediseño(tiempobserv3) \doteq observa. Feature_id (P_esfuerzoEstimado) \sqcap propone.

Accion(modificar) \sqcap actua. Elemento(duracionEsf) \sqcap relacionadoCon. Etapa(seleccion)

Prop_rediseño(tiempobserv4) \doteq observa. Feature_id (P_esfuerzoEstimado) \sqcap propone.

Accion(modificar) \sqcap actua. Elemento(S_elementosEstandar) \sqcap relacionadoCon.

Etapa(composicion)

Recomenda (tiempobserv) \doteq Prop_rediseño(tiempobserv1) \sqcap

[Prop_rediseño(tiempobserv2) \sqcup Prop_rediseño(tiempobserv3)] \sqcap

[Prop_rediseño(tiempobserv4), [TiempoFam (mucho mas tiempo) \sqcup TiempoFam (algo mas tiempo)]]

Tabla A.2.80. Representación de las Recomendaciones para el Criterio U_tiempoFam.

El Criterio U_tiempoFam se podrá describir de acuerdo con las descripciones anteriores como en la siguiente tabla:

$$\text{Aspectos}(\text{TiempoFam}) \doteq \text{Aspecto}(\text{tiempobserv})$$

$$\text{Criterio}(U_tiempoFam) \doteq \text{tiene.Nombre}(\text{TiempoFam}) \sqcap \text{analiza.}$$

$$\text{Aspectos}(\text{TiempoFam})$$

Tabla A.2.81. Representación de la definición del Criterio $U_tiempoFam$ usando lógica de descripciones.

A2.4.3.5 Criterio Consistencia $U_consistencia$

Consist_entre={ muy consistente, bastante consistente, medio consistente, poco consistente, muy poco consistente }

$$\text{Aspecto}(\text{entre_componentes}) \doteq \text{tiene.ValorObservado}(\text{Consist_entre})$$

$$\sqcap \text{propone.Recomenda}(\text{entre_componentes})$$

Consist_in={ muy consistente, bastante consistente, medio consistente, poco consistente, muy poco consistente }

$$\text{Aspecto}(\text{intra_componentes}) \doteq \text{tiene.ValorObservado}(\text{Consist_in})$$

$$\sqcap \text{propone.Recomenda}(\text{intra_componentes})$$

Tabla A.2.82. Representación de las relaciones de los Aspectos a considerar en el Criterio $U_consistencia$.

$$\text{Prop_rediseño}(\text{intra_componentes}) \doteq \text{observa.Feature_id}(\text{Componentes}) \sqcap \text{propone.}$$

$$\text{Accion(modificar)} \sqcap \text{actua.Elemento}(\text{S_elementosEstandar}) \sqcap \text{relacionadoCon.}$$

$$\text{Etapa}(\text{composicion})$$

$$\text{Recomenda}(\text{intra_componentes}) \doteq \text{Prop_rediseño}(\text{intra_componentes}), [\text{Consist_entre}(\text{poco consistente}) \sqcup \text{Consist_entre}(\text{muy poco consistente})]$$

$$\text{Prop_rediseño}(\text{inter_componentes}) \doteq \text{observa.Feature_id}(\text{P_tipoMaterial}) \sqcap \text{propone.}$$

$$\text{Accion(modificar)} \sqcap \text{actua.Elemento}(\text{Componentes}) \sqcap \text{relacionadoCon.Etapa}(\text{composicion})$$

$$\text{Recomenda}(\text{inter_componentes}) \doteq \text{Prop_rediseño}(\text{inter_componentes}), [\text{Consist_in} \\ (\text{poco consistente}) \sqcup \text{Consist_in} (\text{muy poco consistente})]$$

Tabla A.2.83. Representación de las Recomendaciones para el Criterio *U_consistencia*.

De acuerdo con dichas descripciones el Criterio *U_consistencia* se podrá describir como en la siguiente tabla.

$$\text{Aspectos}(\text{Consistencia}) \doteq \text{Aspecto}(\text{intra_componentes}) \sqcap \text{Aspecto} \\ (\text{inter_componentes})$$

$$\text{Criterio}(\text{U_consistencia}) \doteq \text{tiene.Nombre}(\text{Consistencia}) \sqcap \text{analiza.} \\ \text{Aspectos}(\text{Consistencia})$$

Tabla A.2.84. Representación de la definición del Criterio *U_consistencia* usando lógica de descripciones.

A2.4.3.6 Criterio Facilidad de uso *U_facilUso*

$$\text{Navegacion} = \{\text{muy facil, bastante facil, fácil, poco facil, muy poco facil}\}$$

$$\text{Aspecto}(\text{s_navegacion}) \doteq \text{tiene.ValorObservado}(\text{Navegacion}) \sqcap \text{propone.Recomenda} \\ (\text{s_navegacion})$$

$$\text{Interac} = \{\text{muy adecuado, bastante adecuado, adecuado, poco adecuado, muy poco adecuado}\}$$

$$\text{Aspecto}(\text{s_interaccion}) \doteq \text{tiene.ValorObservado}(\text{Interacc}) \sqcap \text{propone.Recomenda} \\ (\text{s_interaccion})$$

Tabla A.2.85. Representación de las relaciones los Aspectos a considerar en el Criterio *U_facilUso*.

$$\text{Prop_rediseño}(\text{s_interaccion}) \doteq \text{observa.Feature_id}(\text{Componentes}) \sqcap \text{propone.} \\ \text{Accion(modificar)} \sqcap \text{actua.Elemento}(\text{S_elementosEstandar}) \sqcap \text{relacionadoCon.} \\ \text{Etapa}(\text{composicion})$$

$$\text{Recomenda}(\text{s_interaccion}) \doteq \text{Prop_rediseño}(\text{s_interaccion}), [\text{Interac}(\text{poco adecuado})]$$

\sqcup Interac (muy poco adecuado]

Prop_rediseño(s_navegacion) \doteq observa. Feature_id (Componentes) \sqcap propone.

Accion(modificar) \sqcap actua. Elemento(S_elementosEstandar) \sqcap relacionadoCon.

Etapa(composicion)

Recomenda (s_navegacion) \doteq Prop_rediseño(s_navegacion), [Navegacion (poco facil) \sqcup Navegacion (muy poco facil)]

Tabla A.2.86. Representación de las Recomendaciones para el Criterio $U_facilUso$

De acuerdo con las descripciones anteriores el Criterio $U_facilUso$ se podrá describir como se presenta en la siguiente tabla.

Aspectos(FacilidadUso) \doteq Aspecto (s_interaccion) \sqcap Aspecto (s_navegacion)

Criterio($U_facilUso$) \doteq tiene.Nombre(FacilidadUso) \sqcap analiza.

Aspectos(FacilidadUso)

Tabla A.2.87. Representación de la definición del Criterio $U_facilUso$ usando lógica de descripciones

A2.4.3.7 Relevancia del material respecto la usabilidad $U_relevancia$

Nivel_usabilidad = {muy poco relevante, poco relevante, medio relevante, bastante relevante, muy relevante }

Recomenda($U_relevancia$) \doteq $\exists \geq 1$ tiene.Prop_rediseño, [ValorObservado(Aspecto (Criterios (Usabilidad)).difiere(Umbral(Umbral_U))

Recomendaciones($U_relevancia$) \doteq $\exists \geq 1$ tiene.Recomenda($U_relevancia$)

Reglas ($U_relevancia$) \doteq [Relevancia_r1($U_Relevancia$) \sqcap

Relevancia_r2($U_Relevancia$) \sqcap Relevancia_r3($U_Relevancia$) \sqcap

Relevancia_r4($U_Relevancia$) \sqcap Relevancia_r5($U_Relevancia$)]

$$\text{Valor}(\text{Nivel_usabilidad}) \doteq \text{definidoPor.Reglas}(\text{U_relevancia})$$

$$\text{Criterios}(\text{usabilidad}) \doteq \text{U_autoEvidencia} \sqcap \text{U_tiempoFam} \sqcap \text{U_consistencia} \sqcap$$

$$\text{U_facilUso} \sqcap \text{Criteriodisc}(\text{U_cantidadError})$$

$$\text{Relevancia}(\text{U_relevancia}) \doteq \text{tiene.Valor}(\text{Nivel_usabilidad}) \sqcap \text{determinadaPor.}$$

$$\text{Criterios}(\text{usabilidad}) \sqcap \text{controladaPor. Umbral}(\text{U_umbral})$$

$$\sqcap \text{propone.Recomendaciones}(\text{U_relevancia})$$

Tabla A.2.88. Representación de la definición del *U_relevancia* usando lógica de descripciones.

A2.4.3.8 Usabilidad observada U_usabilidadObserv

Usabilidad_grado = {muy poco usable, poco usable, medianamente usable, bastante usable, muy usable }

$$\text{Descriptor CU}(\text{U_usabilidadObserv}) \doteq \text{expresa.Grado}(\text{Usabilidad_grado}) \sqcap$$

$$\text{definidoPor.Relevancia}(\text{U_relevancia}) \sqcap \text{tiene.TipoObjetivo}(\text{Usabilidad})$$

$$\text{Material} \doteq \text{tiene.DescriptorCU}(\text{U_usabilidadObserv})$$

Tabla A.2.89. Representación de la definición del *U_usabilidadObservada* usando lógica de descripciones.

Anexo 3 XML schema definido para las anotaciones semánticas sobre las razones de desarrollo (*developmentrationales.xsd*)

El objetivo de este anexo es la definición de un *XML schema* para representar las anotaciones semánticas que describen las razones del desarrollo de un material mediante un conjunto de elementos *XML*, de forma que sea posible la generación de anotaciones semánticas propuesta por el método de desarrollo presentado en el Capítulo 5. Se ha elegido el lenguaje de marcado *XML* como medio de representación porque ser el lenguaje empleado por el *IMS Learning Consortium* para ofrecer una descripción funcional e implementable de la mayoría de sus especificaciones y, en particular, es el utilizado para la definición de la *especificación IMS Learning Resource Metadata Information (IMS LRMI-IEEE LOM)*.

En este anexo se dedica una primera sección a presentar una breve introducción sobre el lenguaje *XML* y los *XML Schemas*, y una segunda sección en la que mediante gráficos, descripciones en lenguaje natural y ejemplos se detallan los diferentes elementos definidos en el *XML Schema* para las anotaciones semánticas sobre las razones del desarrollo.

A3.1 XML y XML Schemas

XML es el acrónimo de *eXtensible Markup Language* o lenguaje de marcado extensible y proviene del *SGML (Standard General Markup Language)* o lenguaje estándar de marcado general. Este último fue normalizado por la ISO en 1986 y ofrece un sistema para definir lenguajes que permiten dar formato a documentos, es decir, que especifican un conjunto de reglas de etiquetado que un tipo de documento debe satisfacer. Así, el *HTML* es un lenguaje de formato de documentos definido a partir del *SGML* que se creó con el fin de describir documentos para la web. Tomando en consideración que la sociedad actual demanda de mayores prestaciones en el uso de las aplicaciones web e Internet y que el lenguaje *HTML* no es suficiente para satisfacer tal demanda, en 1998 el W3C comenzó el desarrollo del *XML*, un nuevo estándar con una funcionalidad similar a la del *SGML* pero más sencillo. *XML* no es un lenguaje particular sino una manera más sencilla para definir lenguajes de marcado específicos.

Los documentos *XML* están formados por uno o más elementos, que definen partes del documento, éstos deben estar delimitados por etiquetas de comienzo y etiquetas de fin y suelen incluir contenidos. Cada elemento está identificado por un nombre,

puede contener otros elementos o tipos de datos y puede tener definidos valores para un determinado conjunto de atributos o propiedades.

Se dice que un documento XML es válido si su estructura se corresponde con la definida en un documento externo que puede ser expresado como una *DTD (Document Type Definition)* o un *XML Schema*. Cada Schema, utilizando una notación XML, define la estructura de los documentos XML que se validan contra él. Como consecuencia para poder disponer de un fichero XML con las anotaciones semánticas que describen las razones del desarrollo de un material, como se propone en la definición del método de desarrollo, es necesario contar con un conjunto de *XML Schemas* que definan los elementos que describen las diferentes etapas del desarrollo y que se presentan en las siguientes secciones.

A3.2 Definición de XML Schema para las anotaciones semánticas sobre las razones de desarrollo

A3.2.1 Elementos relacionados con el desarrollo

En esta sección se presentan los elementos que permiten describir las diferentes etapas de desarrollo del material didáctico de acuerdo con el método MD2.

A3.2.1.1 Elemento <desarrollo>

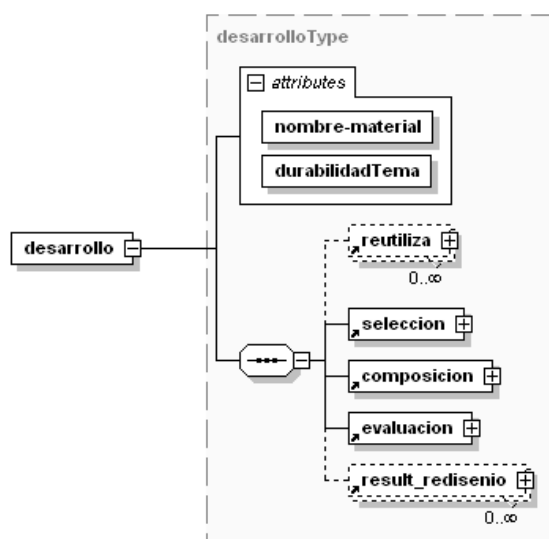


Figura. A.3. 1. Definición del Elemento desarrollo

Descripción: Elemento que describe los detalles de las acciones y decisiones realizadas durante las diferentes etapas del desarrollo de un material didáctico de acuerdo con el método MD2.

Multiplicidad: Se define un único elemento para describir como se ha realizado el desarrollo de un material didáctico.

Atributos:

- **nombre-material** (obligatorio): Identifica el material que se ha desarrollado. Este atributo tomará valor una vez que concluye el paso Evaluación del método y deberá incluir los siguientes datos “Material+_DC_tema+_P_TipoMaterial+_fecha_creacion+_autor+_version”.
Tipo de datos= String.
- **Durabilidad-tema** (obligatorio): Describe la durabilidad del tema, que de acuerdo con el elemento *DC_durabilidad* definido en el meta-modelo MD2 nos permite detectar cuando un material tiene más posibilidades ser reutilizado de acuerdo con la durabilidad de la temática sobre la que trata.
Tipo de datos: Token

Elementos:

- reutiliza
- seleccion
- composicion
- evaluacion
- resultados_rediseño

A3.2.1.2 Elemento <reutiliza>

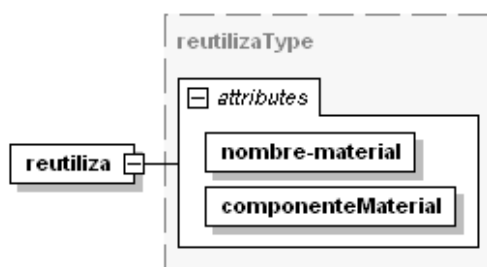


Figura. A.3. 2. Definición del Elemento reutiliza

Descripción: Permite conocer si para el desarrollo descrito se ha reutilizado otro material o alguno de sus componentes.

Multiplicidad: Este elemento es opcional y en caso de que se use, puede aparecer varias veces, tantas como el número de otros materiales o sus componentes hayan sido reutilizados para el desarrollo del material que se describe.

Atributos:

- nombre-material (obligatorio): Identifica el nombre del otro material que ha sido reutilizado durante el desarrollo de material. Sigue el mismo formato que el atributo de igual nombre del elemento <desarrollo> para aquellos materiales guardados en el repositorio adjunto al marco de desarrollo. En el caso de materiales localizados en repositorios externos incluye la url de origen. Tipo de datos: String.
- componenteMaterial (obligatorio). Define alguno o ambos componentes del material (contenidos o estrategia) que han sido reutilizados. Tipo de datos: Token

Elementos: No incluye otros elementos.

Ejemplo:

```
<reutiliza componenteMaterial="contenidos" nombre-
material="ArbolesBinarios_UOL_06062007_clpadron_version1"/>
```

A3.2.1.3 Elemento <seleccion>

Descripción: Contiene la información sobre los resultados de la etapa de selección y de las posibles modificaciones realizadas como resultado de algún rediseño.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y puede aparecer varias veces, en caso de que sea necesario realizar alguna modificación en la etapa de selección de los recursos del material como resultado de las diferentes ejecuciones de rediseño.

Atributos: No tiene

Elementos:

- modificaciones
- result_selec

Ejemplo:

```
<seleccion>
  <modificaciones numero="1">
    <modificacion identifier="IDmod_1" recomedacionref="IDrecomenda_1"/>
  </modificaciones>
  <result_selec>
  <contenidos numero="3">
    <creados numero="1">
      <creado url-contenido=" http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido46.zip "
identifier="IDcont_3" nombre-contenido="ArbolesBinarios_LO_06082007_clpadron_version1.1">
        <razon>
          <acceso acceso-razon-name="accesoPago">
            <ObjModificado> http://www.merlot.org/cgi-
bin/ntlinktrack.cgi?http://www.med.ucla.edu/wilkes/intro.html </ObjModificado>
          </acceso>
        </razon>
      </creado>
    </creados>
    <modificados numero="1">
      <modificado url-
contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido21.zip" identifier="IDcont_1" nombre-
contenido="ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1.2">
```

```

        <razon>
            <redisenio modificacionref="IDmod_1">
                <ObjModificado>ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1</ObjModificado>
            </redisenio>
        </razon>
    </modificado>
</modificados>
<seleccionados numero="1">
    <seleccionado url-
contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido12.zip" identifi er="IDcont_2" nombre-
contenido="ArbolesBinarios_QTI_0612007_clpadron_version1.2">
        </seleccionado>
    </seleccionados>
</contenidos>
<estrategia estrategia-name="colaborativa"/>
</result_selec>
</seleccion>

```

A3.2.1.4 Elemento <composicion>

Descripción: Contiene la información sobre los resultados de la etapa de composición y de las posibles modificaciones realizadas como resultado de algún rediseño.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y puede aparecer varias veces, en caso de que sea necesario realizar alguna modificación en la etapa de composición del material como resultado de las diferentes ejecuciones de rediseño.

Atributos: No tiene.

Elementos:

- modificaciones
- result_compos

Ejemplo:

```

<composicion>
    <modificaciones numero="1">
        <modificacion identifi er="IDmod_1" recomendacionref="IDrecomenda_1"/>
    </modificaciones>
    <result_compos>
        <plantilla ficheroEstruct="basadaenprocedimientos.zip" nombreStandar="IMS LD+
IMS CP">
            <cambiada>
                <razon>
                    <redisenio modificacionref="IDmod_1"
elementoMd2="S_elementosEstandar" valor="http://md2.dei.inf/moodle/forum/view?" >
                        <ObjModificado>imsl d:environment:service</ObjModificado>
                    </redisenio>
                </razon>
            </cambiada>
        </plantilla>
    </integracion
ficheroIntegra="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido91.zip"/>
</result_compos>
</composicion>

```

A3.2.1.5 Elemento <evaluacion>

Descripción: Contiene la información sobre los resultados de la etapa de evaluación y los valores de la usabilidad de la interfaz y utilidad pedagógica observadas, las valoraciones de los diferentes aspectos para cada criterio y las propuestas de rediseño, en caso de que no exhiban valores pertenecientes a los umbrales de calidad y usabilidad definidos utilizando los elementos MD2 *C_umbral* y *U_umbral*.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y puede aparecer tantas veces como etapas de evaluación se realicen para comprobar si material obtenido exhibe valores aceptables de de utilidad pedagógica y usabilidad de la interfaz observados. En algunas ocasiones esta etapa se incluye como parte del rediseño para comprobar que las propuestas realizadas y por tanto las ejecuciones de rediseño, permiten obtener valores aceptables de usabilidad de la interfaz y utilidad pedagógica.

Atributos: No tiene.

Elementos:

- calidad
- usabilidad

Ejemplo:

```
<evaluacion>
  <calidad valorutilidadP="poco util" valorRelevancia="poco relevante"
valorumbralC="[medio-3, muy-5]" >
  <aspectos>
    <aspecto nombre-aspecto="cobertura" valor="poca cobertura" nombre-
Criterio="C_completitud" identifier="IDaspect_1">
      <recomendacion identifier="IDrecomenda_2">
        <observa caracteristObservada="Poca cobertura concepto Rotaciones"/>
        <accion accionTipo="crear"/>
        <elementoModif elementoModificar="Contenidos"/>
        <etapa etapa="seleccion"/>
      </recomendacion>
    </aspecto>
    <aspecto nombre-aspecto="ideoneidad" valor="poco ideonea" nombre-Criterio="
C_completitud " identifier="IDaspect_4">
      <recomendacion identifier="IDrecomenda_3">
        <observa caracteristObservada="S_interaccion, Interaccion entre estudiantes,
en la estrategia"/>
        <accion accionTipo="modificar"/>
        <elementoModif elementoModificar="S_elementosEstandar"/>
        <etapa etapa="composicion"/>
      </recomendacion>
    </aspecto>
  </aspectos>
</calidad>
<usabilidad valorusabilidadObs="bastante_usable" valorRelevancia="bastante_relevante"
valorumbralU="[medio-3, muy-5]"/></evaluacion>
```

A3.2.1.6 Elemento <result_redisenio>

Descripción: Contiene la información sobre los resultados de las diferentes ejecuciones de rediseño. Incluye cada una de las modificaciones en las etapas de

selección y composición como resultado de aplicar las recomendaciones de rediseño propuestas en la etapa de evaluación, así como la información sobre la siguiente evaluación de la usabilidad y utilidad pedagógica que tiene en cuenta la aplicación de las propuestas de rediseño.

Multiplicidad: Este elemento no es obligatorio, pero debe aparecer tantas veces como ejecuciones de rediseño se hayan ejecutado a partir de la primera evaluación.

Atributos: No tiene.

Elementos:

- seleccion
- composicion
- evaluacion

Ejemplo:

```
<result_rediseño>
  <seleccion>
    <modificaciones numero="1">
      <modificacion identifi er="IDmod_2" recomendacionref="IDrecomenda_2"/>
    </modificaciones>
    <result_selec>
      <contenidos numero="1">
        <creados numero="1">
          <creado url-
contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido46.zip" identifi er="IDcont_3" nombre-
contenido="ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1.3">
            <razon>
              <rediseño modifi cacionref="IDmod_2">
                <ObjModifi cado>ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1.2</ObjModifi cado>
              </rediseño>
            </razon>
          </creado>
        </creados>
      </contenidos>
    </result_selec>
  </seleccion>
  <composicion>
    <modificaciones numero="3">
      <modificacion identifi er="IDmod_6" recomendacionref="IDrecomenda_3"/>
    </modificaciones>
    <result_compos>
      <plantilla ficheroEstruct="basadaenprocedimientos.zip"
nombreStandar="IMS LD+ IMS CP">
      <cambiada>
        <razon>
          <rediseño modifi cacionref="IDmod_6"
elementoMd2="S_elementosEstandar" valor="http://md2.dei.inf/moodle/forum/view?" >
            <ObjModifi cado>imsld:environment:service</ObjModifi cado>
          </rediseño>
        </razon>
      </cambiada>
    </plantilla>
  </integracion
ficheroIntegra="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido91_rediseño.zip"/>
    </result_compos>
  </composicion>
  <evaluacion>
    <calidad valorutilidadP="bastante util" valorRelevancia="bastante relevante"
valorumbralC="[medio-3, muy-5]">
    <aspectos>
```

```

<aspecto nombre-aspecto="cant_inform" valor=" bastante cobertura" nombre-
Criterio="C_riqueza" identifier="IDaspect_1"/>
<aspecto nombre-aspecto="form_present" valor=" bastantes formas" nombre-
Criterio="C_riqueza" identifier="IDaspect_2"/>
<aspecto nombre-aspecto="cobertura" valor=" bastante cobertura" nombre-
Criterio="C_completitud" identifier="IDaspect_3"/>
<aspecto nombre-aspecto="idoneidad" valor=" bastante idoneo" nombre-
Criterio="C_completitud" identifier="IDaspect_4"/>
<aspecto nombre-aspecto="contradicciones" valor=" ninguna contradiccion" nombre-
Criterio="C_coherenciaC" identifier="IDaspect_5"/>
<aspecto nombre-aspecto="relacionTema" valor=" bastante relacionado" nombre-
Criterio="C_exactitudC" identifier="IDaspect_6"/>
<aspecto nombre-aspecto="relacionObjetivos" valor=" bastante relacionado" nombre-
Criterio="C_exactitudC" identifier="IDaspect_7"/>
<aspecto nombre-aspecto="balance" valor=" balanceado" nombre-
Criterio="C_estructuraH" identifier="IDaspect_8"/>
</aspectos>
</calidad>
<usabilidad valorusabilidadObs="bastante usable" valorRelevancia="bastante relevante"
valorumbralU="[medio-3, muy-5]"/>
</evaluacion>
</result_rediseño

```

A3.2.2 Elementos comunes para las etapas de selección y composición

A3.2.2.1 Elemento <modificaciones>

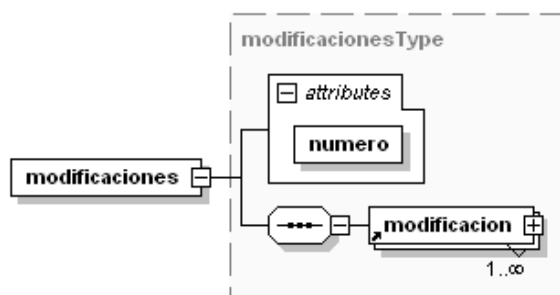


Figura. A.3. 3. Definición del Elemento modificaciones

Descripción: Este elemento contiene información sobre el número de modificaciones que se han realizado en las etapas de selección y composición como resultado de aplicar determinadas propuestas de rediseño o de ajustar las características del material a ciertos requisitos del desarrollador.

Multiplicidad: Este elemento no es obligatorio y únicamente aparece cuando en las etapas de selección y composición se han realizado alguna modificación.

Atributos:

numero (obligatorio). Indica el número de modificaciones realizadas en la correspondiente etapa. Tipo de datos: Integer.

Elementos:

- modificacion

Ejemplo:

```
<modificaciones numero="1">  
  <modificacion identifier="IDmod_1" recomendacionref="IDrecomenda_1"/>  
</modificaciones>
```

A3.2.2.2 Elemento <modificacion>

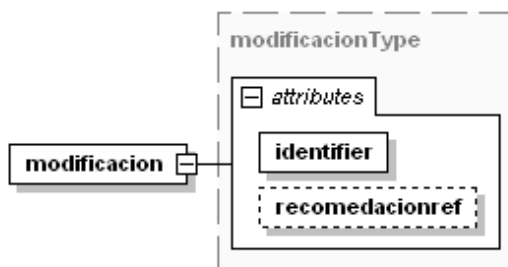


Figura. A.3. 4. Definición del Elemento modificacion

Descripción: Elemento que contiene información sobre las modificaciones realizadas en las etapas de selección y de composición.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece tantas veces como número de modificaciones se hayan indicado en el elemento <modificaciones>.

Atributos:

- identifier (obligatorio). Identifica de manera única la modificación realizada. Tipo de datos: xs:ID (String).
- recomendacionref (opcional). Indica la referencia de la recomendación de rediseño que le ha dado origen, que se corresponde con algún elemento <recomendacion>. Tipo de datos: Integer.

Elementos: No incluye otros elementos.

Ejemplo:

```
<modificacion identifier="IDmod_1" recomendacionref="IDrecomenda_1"/>
```

A3.2.2.3 Elemento <ObjModificado>

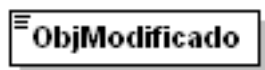


Figura. A.3. 5. Definición del Elemento ObjModificado

Descripción: Elemento que contiene información sobre la url permite el acceso al componente del material (contenidos o la estrategia pedagógica) cuyas características han sido modificadas como resultado de aplicar un rediseño o de ajustes a cierto requisito de desarrollo. También se utiliza cuando ha sido necesario que uno de los componentes sea creado o seleccionado según ciertos requisitos o de acuerdo con las

reglas de disponibilidad o acceso ciertos recursos. La información que se muestra es la cadena de caracteres con la url de acceso al material, en ocasiones esta url puede ser sólo el nombre del fichero que contiene el componente y que está almacenado en el Repositorio.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece cada vez que se describen las razones por las que un contenido ha sido creado, seleccionado, modificado. Para el caso de la estrategia, aparece en los casos en que haya sido necesaria unas o más modificaciones en la plantilla de presentación del material.

Atributos: No tiene.

Elementos: No incluye otros elementos.

Ejemplo:

`<ObjModificado>ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1.2</ObjModificado>`

A3.2.2.4 Elemento <razon>

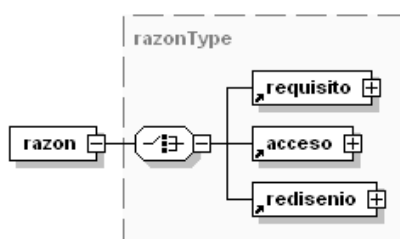


Figura. A.3. 6. Definición del Elemento razon

Descripción: Contiene la información sobre la razón por la que se ha creado, seleccionado o modificado algún contenido, la estrategia pedagógica o la plantilla de presentación del material. Estas razones pueden ser: la existencia de un requisito del desarrollo que demande creaciones o modificaciones de los componentes del material; que existan reglas de acceso que determinen la disponibilidad de ciertos recursos o la posibilidad de su uso o que se hayan propuesto recomendaciones para rediseñar el material.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece cada vez que se describen las razones por las que un contenido ha sido creado, seleccionado, modificado. Para el caso de la estrategia sólo en los casos en que haya sido necesaria alguna modificación en la plantilla de presentación del material.

Atributos: No tiene.

Elementos: Puede aparecer alguno o la combinación de los siguientes elementos:

- requisito
- acceso
- redisenio

Ejemplo:

```

<razon>
  <acceso acceso-razon-name="accesoPago">
    <ObjModificado>http://www.merlot.org/cgi-
bin/ntlinktrack.cgi?http://www.med.ucla.edu/wilkes/intro.html</ObjModificado>
  </acceso>
</razon>

```

A3.2.2.5 Elemento <requisito>

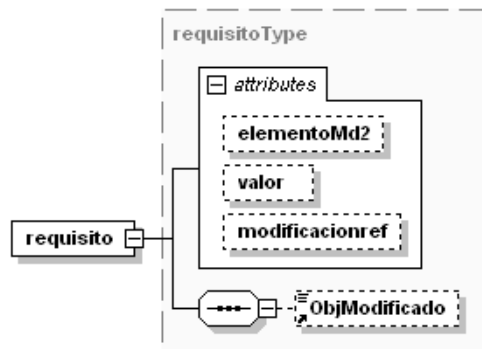


Figura. A.3. 7. Definición del Elemento requisito

Descripción: Contiene la información sobre el requisito de desarrollo que da origen a una razón para crear, seleccionar o modificar algún contenido, la estrategia pedagógica o la plantilla de presentación del material. Esta información utiliza algunos de los elementos del modelo MD2 como descriptores de los requisitos para el desarrollo.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece cada vez que se describen las razones basadas en la existencia de un requisito de desarrollo que demanda que un contenido ha sido creado, seleccionado, modificado. Para el caso de la estrategia sólo en los casos en que haya sido necesaria alguna modificación en la plantilla de presentación del material.

Atributos:

- elementoMd2 (obligatorio). Contiene el nombre del elemento MD2 que determina el requisito de desarrollo. Tipo de datos: String
- valor (obligatorio). Contiene el valor asignado al elemento MD2, de acuerdo con la definición de dicho elemento en el meta-modelo y que determina el requisito de desarrollo que demanda la creación, modificación o selección de alguno de los componentes del material: contenidos o estrategia. Tipo de datos: String.
- modificacionref (opcional). Contiene la referencia a la modificación que se debe realizar sobre de alguno de los componentes del material: contenidos o estrategia, como resultado de aplicar una o varias recomendaciones para el rediseño y que se corresponde con el identificador de algún elemento <modificacion>. Tipo de datos: String.

Elementos: Incluye de forma opcional, para los casos en que se referencia el objeto modificado.

- ObjModificado

Ejemplo:

```
<razon>
  <requisito elementoMd2="P_dificultad" valor="baja">
    <ObjModificado>http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/estrategias/basada_en_procedimie
ntov1.zip</ObjModificado>
  </requisito>
</razon>
```

A3.2.2.6 Elemento <acceso>

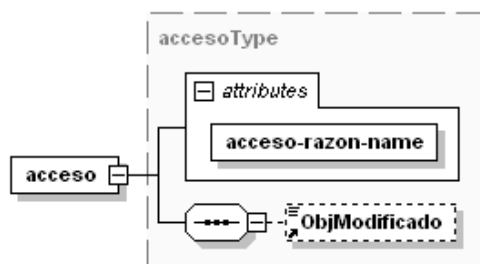


Figura. A.3. 8. Definición del Elemento acceso

Descripción: Contiene la información sobre las restricciones de uso y acceso que originan la necesidad de crear, modificar algún contenido o incluso seleccionar otro contenido o recursos de contenidos con características similares que no posea tales restricciones. Esta información está determinada por las políticas de copyright y reglas de acceso de los diferentes repositorios y autores que determinen la disponibilidad de ciertos recursos o la posibilidad de su uso previo pago.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece cada vez que se describen las razones de creación, modificación o selección basadas en la existencia de limitaciones de acceso o disponibilidad de ciertos recursos de contenido.

Atributos:

- acceso-razon-name (obligatorio). Contiene el nombre de restricción de acceso o uso, por ejemplo: pago por su uso o acceso, no disponible temporalmente.

Tipo de datos: String.

Elementos:

- ObjModificado

Ejemplo:

```
<razon>
  <acceso acceso-razon-name="accesoPago">
    <ObjModificado>http://www.merlot.org/cgi-
bin/ntlinktrack.cgi?http://www.med.ucla.edu/wilkes/intro.html</ObjModificado>
  </acceso>
</razon>
```

A3.2.2.7 Elemento <rediseño>

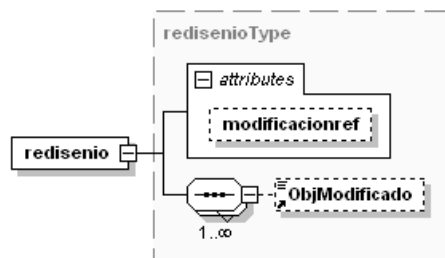


Figura. A.3. 9. Definición del Elemento rediseño

Descripción: Contiene la información sobre las razones de modificación, creación o selección de contenidos derivadas de la aplicación de rediseños para intentar que el material exhiba niveles aceptables de utilidad pedagógica y usabilidad en su interfaz.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece cada vez que se describen las razones basadas en la aplicación de ciertas propuestas de rediseños, que demanden crear, seleccionar o modificar contenidos. De igual forma aparecen en los casos en que las propuestas estén relacionadas con modificaciones en la plantilla de presentación, que podrían implicar cambios en la presentación de la estrategia pedagógica.

Atributos:

- `modificacionref` (obligatoria). Contiene la referencia a la modificación que se debe realizar sobre de alguno de las características de los componentes del material (contenidos o estrategia), como resultado de aplicar una o varias recomendaciones para el rediseño y que se corresponde con el identificador de algún elemento `<modificacion>`. Tipo de datos: String.

Elementos:

- `ObjModificado`

Ejemplo:

```
<razon>
  <rediseño modificacionref="IDmod_1">
    <ObjModificado>ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1</ObjModificado>
  </rediseño>
</razon>
```

A3.2.3 Elementos relacionados la etapa de selección

A3.2.3.1 Elemento <seleccion>

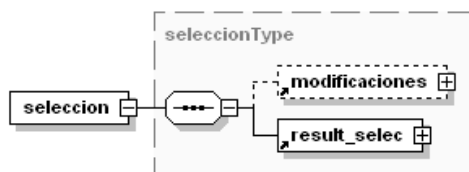


Figura. A.3. 10. Definición del Elemento seleccion

Descripción: Contiene la información sobre los resultados de la etapa de selección: detalles sobre los contenidos y sobre la estrategia pedagógica. Además incluye las modificaciones que se han realizado como resultado de alguna ejecución de rediseño o algún ajuste a algún requisito del desarrollo.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y como mínimo aparece una vez reflejando los resultados de la etapa de selección. Puede aparecer varias veces, en caso de que sea necesario realizar alguna modificación en la etapa de selección de los recursos del material como resultado de las diferentes ejecuciones de rediseño.

Atributos: No tiene

Elementos:

- modificaciones
- result_selec

Ejemplo:

```
<seleccion>
  <modificaciones numero="1">
    <modificacion identifier="IDmod_1"
recomedacionref="IDrecomenda_2"/>
  </modificaciones>
  <result_selec>
    <contenidos numero="1">
      <creados numero="1">
        <creado url-
contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido46.zip" identifier="IDcont_3" nombre-
contenido="ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1.3">
          <razon>
            <redisenio modificacionref="IDmod_1">
<ObjModificado>ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1.2</ObjModificado>
          </redisenio>
        </razon>
      </creado>
    </creados>
  </contenidos>
</result_selec>
</seleccion>
```

A3.2.3.2 Elemento <result_selec>

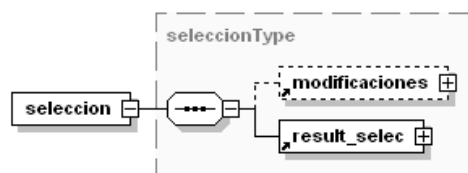


Figura. A.3. 11. Definición del Elemento result_selec

Descripción: Contiene información sobre los componentes del material elegidos en la etapa de selección y detalles sobre las razones que fundamentan las diferentes opciones para elegir los contenidos y la estrategia pedagógica.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una sola vez.

Atributos: No tiene.

Elementos:

- contenidos
- estrategia

Ejemplo:

```
<result_selec>
  <contenidos numero="1">
    <modificados numero="1">
      <modificado url-
contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido21.zip" identifier="IDcont_1" nombre-
contenido="ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1.2">
        <razon>
          <rediseño modificacionref="IDmod_1">
<ObjModificado>ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1</ObjModificado>
          </rediseño>
        </razon>
      </modificado>
    </modificados>
  </contenidos>
<estrategia estrategia-name="colaborativa"/>
</result_selec>
```

A3.2.3.3 Elemento <contenidos>

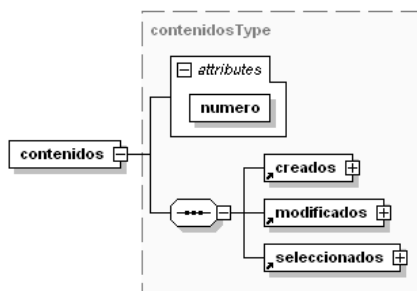


Figura. A.3. 12. Definición del Elemento contenidos

Descripción: Incluye información sobre el número de contenidos seleccionados, creados o modificados durante la selección, detalles de su ubicación y las razones que motivaron correspondiente opción para elegir tales contenidos.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una sola vez.

Atributos:

- numero (obligatorio). Indica el número de contenidos que componen el material. Tipo de datos: Integer.

Elementos:

- creados
- modificados
- seleccionados

Ejemplo:

```
<contenidos numero="3">
  <creados numero="1">
    <creado url-contenido="http://www.altova.com" identifier="IDcont_3" nombre-
contenido="ArbolesBinarios_LO_06082007_clpadron_version1.1">
    <razon>
```

```

        <acceso acceso-razon-name="accesoPago">
        <ObjModificado>http://www.merlot.org/cgi-
bin/ntlinktrack.cgi?http://www.med.ucla.edu/wilkes/intro.html</ObjModificado>
        </acceso>
        </razon>
    </creado>
</creados>
<modificados numero="1">
    <modificado url-
contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido21.zip" identifier="IDcont_1" nombre-
contenido="ArbolesBinariosRot_LO_06062007_clpadron_version1.2">
        <razon>
        <rediseño modificacionref="IDmod_1">
        <ObjModificado>ArbolesBinariosRot_LO_06062007_clpadron_version1</ObjModificado>
        </rediseño>
        </razon>
    </modificado>
</modificados>
<seleccionados numero="1">
    <seleccionado url-
contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido12.zip" identifier="IDcont_2" nombre-
contenido="ArbolesBinarios_QTI_0612007_clpadron_version1.2">
        </seleccionado>
    </seleccionados>
</contenidos>

```

A3.2.3.4 Elemento <creados>

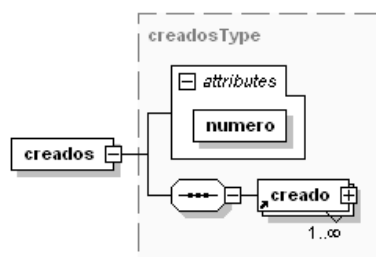


Figura. A.3. 13. Definición del Elemento creados

Descripción: Incluye información sobre el número de contenidos que han sido creados durante la etapa de selección y para cada uno ellos, se describen los detalles de su ubicación y las razones por las que fue necesario crearlos.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una sola vez.

Atributos:

numero (obligatorio). Define la cantidad de contenidos que han sido creados. Este número es menor o igual al número de contenidos definido en el elemento <contenidos>. Tipo de datos: Integer.

Elementos:

- creado

Ejemplo:

```

<creados numero="1">
    <creado url-contenido=" http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido21.zip "
identifier="IDcont_3" nombre-contenido="ArbolesBinarios_LO_06082007_clpadron_version1.1">
        <razon>
        <acceso acceso-razon-name="accesoPago">
        <ObjModificado>http://www.merlot.org/cgi-
bin/ntlinktrack.cgi?http://www.med.ucla.edu/wilkes/intro.html</ObjModificado>

```

```

        </acceso>
    </razon>
</creado>
</creados>

```

A3.2.3.5 Elemento <creado>

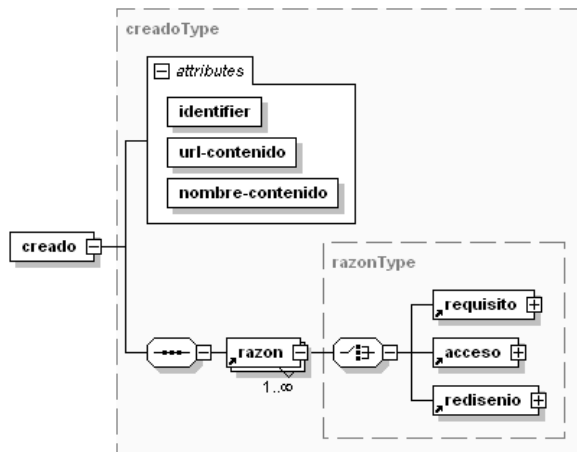


Figura. A.3. 14. Definición del Elemento creado

Descripción: Incluye información sobre un contenido creado durante la etapa de selección: los detalles de su ubicación, nombre y las razones por las que fue necesario crearlo.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece tantas veces como el número de contenidos que haya sido especificado en el elemento <creados>.

Atributos:

- **identifier** (obligatorio). Identifica de manera única el contenido creado. Tipo de datos: xs:ID (String).
- **url-contenido** (obligatorio). Incluye el localizador (url) del material dentro del Repositorio de materiales asociado al marco de desarrollo. Tipo de datos: xs:anyURI.
- **nombre-contenido** (obligatorio). Define el nombre del contenido con que ha sido almacenado en el Repositorio. Se utiliza el formato siguiente: “DC_Tema +_P_TipoMaterial+_fecha_creacion+_idautor+_version” donde *DC_Tema* y *P_TipoMaterial* toman valores de acuerdo con las definiciones de dichos elementos en el meta-modelo y en el caso de *P_TipoMaterial* sólo puede tomar los valores de “LO” o “QTI”. Tipo de datos: String.

Elementos:

- **razon**

Ejemplo:

```

<creado url-contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido21.zip"
identifier="IDcont_3" nombre-contenido="ArbolesBinarios_LO_06082007_clpadron_version1.1">
  <razon>
    <acceso acceso-razon-name="accesoPago">
      <ObjModificado>http://www.merlot.org/cgi-
bin/ntlinktrack.cgi?http://www.med.ucla.edu/wilkes/intro.html</ObjModificado>

```



```

        </acceso>
    </razon>
</creado>

```

A3.2.3.6 Elemento <modificados>

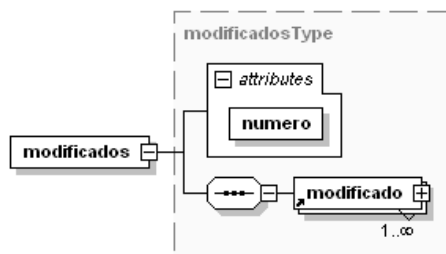


Figura. A.3. 15. Definición del Elemento modificados

Descripción: Incluye información sobre el número de contenidos que han sido elegidos durante la etapa de selección y que ha sido necesario modificar por alguna razón, se detalla dicha razón y además contiene los detalles de la ubicación del contenido.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una sola vez.

Atributos:

- numero (obligatorio). Define la cantidad de contenidos que han sido modificados. Este número es menor o igual al número de contenidos definido en el elemento <contenidos>. Tipo de datos: Integer.

Elementos:

- modificado

Ejemplo:

```

<modificados numero="1">
    <modificado url-
contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido21.zip" identifier="IDcont_1" nombre-
contenido="ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1.2">
        <razon>
            <redisenio modificacionref="IDmod_1">
                <ObjModificado>ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1</ObjModificado>
            </redisenio>
        </razon>
    </modificado>
</modificados>

```

A3.2.3.7 Elemento <modificado>

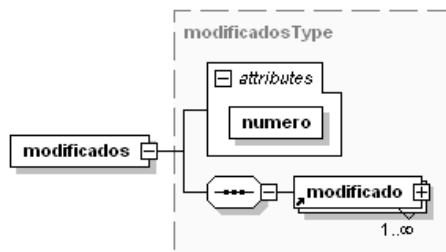


Figura. A.3. 16. Definición del Elemento modificado

Descripción: Incluye información sobre un contenido que han sido elegido durante la etapa de selección y que ha sido necesario modificar por alguna de las siguientes razones: sus características no se ajustan a algún requisito del desarrollo, no pueden ser utilizados por restricciones de acceso o de uso. Contiene también los detalles de su ubicación.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece tantas veces como el número de contenidos que haya sido especificado en el elemento <modificados>.

Atributos:

- **identifier** (obligatorio). Identifica de manera única el contenido modificado. Tipo de datos: xs:ID (String).
- **url-contenido** (obligatorio). Incluye el localizador (url) del material ya sea dentro del Repositorio de materiales asociado al marco de desarrollo o en un repositorio externo. Tipo de datos: xs:anyURI.
- **nombre-contenido** (obligatorio). Define el nombre del contenido con que ha sido almacenado en el Repositorio. Se utiliza el formato “DC_Tema +_P_TipoMaterial+fecha_creacion+_idautor+version” donde *DC_Tema* y *P_TipoMaterial* toman valores de acuerdo con las definiciones de dichos elementos en el meta-modelo y en el caso de *P_TipoMaterial* sólo puede tomar los valores de “LO” o “QTI”. Tipo de datos: String.

Elementos:

- **razon**

Ejemplo:

```
<modificado url-contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido21.zip"
identifier="IDcont_1" nombre-contenido="ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1.2">
  <razon>
    <rediseño modificacionref="IDmod_1">
      <ObjModificado>ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1</ObjModificado>
    </rediseño>
  </razon>
</modificado>
```

A3.2.3.8 Elemento <seleccionados>

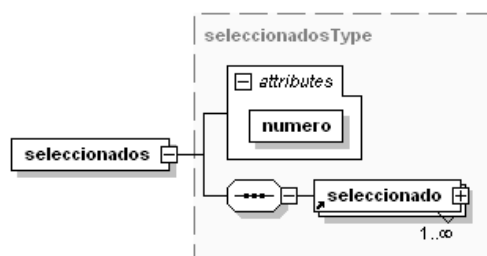


Figura. A.3. 17. Definición del Elemento seleccionados

Descripción: Incluye información sobre el número de contenidos que durante la etapa de selección han sido elegidos para ser reutilizados íntegramente, los detalles de su ubicación y las razones por las que fueron elegidos.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una sola vez.

Atributos:

- numero (obligatorio). Define la cantidad de contenidos que han sido seleccionados. Tipo de datos: Integer.

Elementos:

- seleccionado

Ejemplo:

```
<seleccionados numero="1">
  <seleccionado url-contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido12.zip"
  identifier="IDcont_2" nombre-contenido="ArbolesBinarios_QTI_0612007_clpadron_version1.2">
    <razon>
      <requisito elementoMd2="DC_Tema" valor="Arboles binarios"/>
      <requisito elementoMd2="P_TipoMaterial" valor="UoL"/>
      <requisito elementoMd2="P_habilidades" valor="Listado de objetivos"/>
      <requisito elementoMd2="P_dificultad" valor="baja"/>
    </razon>
  </seleccionado>
</seleccionados>
```

A3.2.3.9 Elemento <seleccionado>

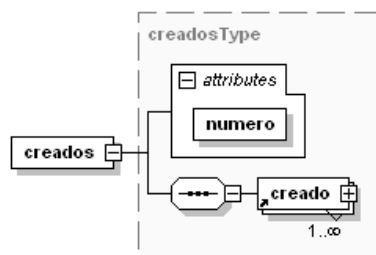


Figura. A.3. 18. Definición del Elemento seleccionado

Descripción: Incluye información un contenido que durante la etapa de selección han sido elegido para ser reutilizado íntegramente en el material que se ha desarrollado, los detalles de su ubicación y las razones por las que fue elegido, básicamente porque sus características satisfacen un conjunto de los requisitos del desarrollo.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece tantas veces como el número de contenidos que haya sido especificado en el elemento <seleccionados>.

Atributos:

- identifier (obligatorio). Identifica de manera única el contenido seleccionado. Tipo de datos: xs:ID (String).
- url-contenido (obligatorio). Incluye el localizador (url) del material ya sea dentro del Repositorio de materiales asociado al marco de desarrollo o en un repositorio externo. Tipo de datos: xs:anyURI.

- nombre-contenido (obligatorio). Define el nombre del contenido con que ha sido almacenado en el Repositorio. Se utiliza el formato “DC_Tema +_P_TipoMaterial+fecha_creacion+_idautor+_version” donde *DC_Tema* y *P_TipoMaterial* toman valores de acuerdo con las definiciones de dichos elementos en el meta-modelo y en el caso de *P_TipoMaterial* sólo puede tomar los valores de “LO” o “QTI”. Tipo de datos: String.

Elementos:

- razon

Ejemplo:

```
<seleccionado url-contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido12.zip"
identifier="IDcont_2" nombre-contenido="ArbolesBinarios_QTI_0612007_clpadron_version1.2">
  <razon>
    <requisito elementoMd2="DC_Tema" valor="Arboles binarios"/>
    <requisito elementoMd2="P_TipoMaterial" valor="UoL"/>
    <requisito elementoMd2="P_habilidades" valor="Listado de objetivos (Conocer
+Aplicar Definición Arboles binarios...)" />
    <requisito elementoMd2="P_dificultad" valor="baja"/>
  </razon>
</seleccionado>
```

A3.2.3.10 Elemento <estrategia>

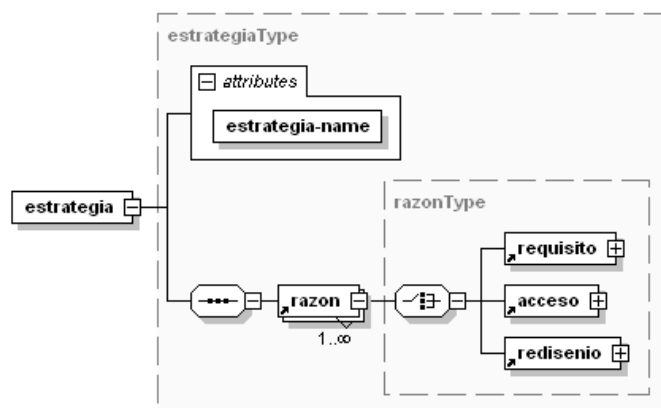


Figura. A.3. 19. Definición del Elemento estrategia

Descripción: Incluye información sobre la estrategia elegida durante la etapa de selección, en aquellos casos en que se necesite una estrategia para el tipo de material que se desarrolla.

Multiplicidad: Este elemento es opcional y sólo aparece cuando el material que se necesita crear ha sido descrito por el elemento *P_tipoMaterial* con un valor es de UoL.

Atributos:

- `estrategia-name` (obligatorio). Define el nombre de la estrategia seleccionada y que se corresponde con alguno de los valores que puede tomar el atributo `TipoEstrag` del elemento *MD2 P_estrategia*. Tipo de datos: String.

Elementos:

- razon

Ejemplo:

```
<estrategia estrategia-name="basada en procedimientos">
  <razon>
    <requisito elementoMd2="DC_Tema" valor="Arboles binarios"/>
    <requisito elementoMd2="P_TipoMaterial" valor="UoL"/>
  </razon>
</estrategia>
```

A3.2.4 Elementos relacionados la etapa de composición

A3.2.4.1 Elemento <composicion>

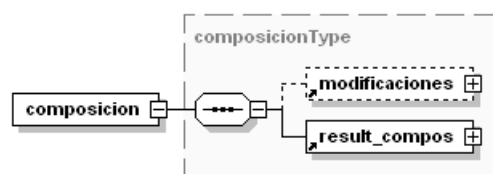


Figura. A.3. 20. Definición del Elemento composicion

Descripción: Contiene información sobre los resultados de la integración de los componentes del material llevada a cabo durante la etapa de composición. Además incluye datos sobre las modificaciones realizadas a la plantilla de presentación como consecuencia de alguna ejecución de rediseño o de ajustes para que sus características satisfagan algún requisito de desarrollo.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y como mínimo aparece una vez para reflejar los resultados de la etapa de composición del desarrollo de un material. Puede aparecer varias veces, en los casos en que sea necesario realizar alguna modificación como resultado de ejecutar algún rediseño.

Atributos: No tiene.

Elementos:

- modificaciones
- result-compos

Ejemplo:

```
<composicion>
  <modificaciones numero="1">
    <modificacion identifier="IDmod_1" recomendacionref="IDrecomenda_1"/>
  </modificaciones>
  <result_compos>
    <plantilla ficheroEstruct="basadaenprocedimientos.zip" nombreStandar="IMS LD+ IMS
CP">
      <cambiada>
        <razon>
          <requisito elementoMd2="P_dificultad" valor="alta"
modificacionref="IDmod_1">
            <ObjModificado>http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/estrategias/basada_en_procedimie
ntov1.zip</ObjModificado>
          </requisito>
        </razon>
      </cambiada>
    </plantilla>
    <integracion ficheroIntegra="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido91.zip"/>
  </result_compos>
</composicion>
```

```
</result_compos>
</composicion>
```

A3.2.4.2 Elemento <result_compos>

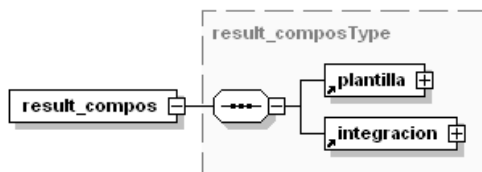


Figura. A.3. 21. Definición del Elemento result_compos

Descripción: Contiene información sobre de las razones que fundamentan las decisiones tomadas durante la etapa de composición. Incluye detalles sobre la plantilla de la estructura de presentación del material, del resultado de la integración de los contenidos en dicha estructura.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una sola vez.

Atributos: No tiene.

Elementos:

- plantilla
- integracion

Ejemplo:

```
<result_compos>
  <plantilla ficheroEstruct="basadaenprocedimientos.zip" nombreStandar="IMS LD+ IMS
  CP">
    <cambiada>
      <razon>
        <requisito elementoMd2="P_dificultad" valor="alta"
  modificacionref="IDmod_1">
          <ObjModificado>http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/estrategias/basada_en_procedimie
  ntov1.zip</ObjModificado>
        </requisito>
      </razon>
    </cambiada>
  </plantilla>
  <integracion ficheroIntegra="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido91.zip"/>
</result_compos>
```

A3.2.4.3 Elemento <plantilla>

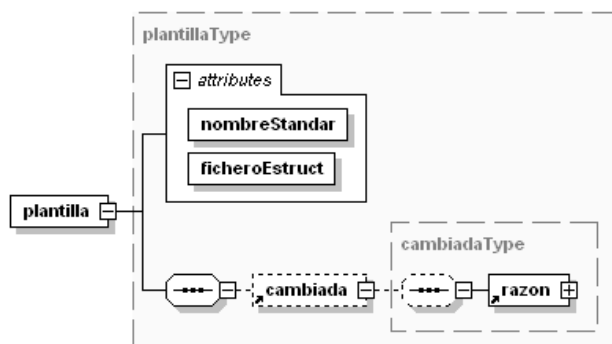


Figura. A.3. 22. Definición del Elemento plantilla

Descripción: Contiene información sobre la plantilla utilizada para definir la estructura y comportamiento del material de acuerdo con el modelo de información de la especificación o estándar *e-Learning* que más se ajusta a los requisitos del desarrollo y que tiene en consideración las correspondencias definidas en el elemento *S_elementosEstandar* del meta-modelo MD2. Incluye además, detalles sobre el fichero XML que almacena dicha plantilla en el repositorio, el nombre del estándar o especificación *e-Learning* con el que es conforme el material, así como las razones que fundamentan los cambios realizados en la plantilla durante la etapa de composición, ya sea porque es necesario ajustar sus características a determinado requisito del desarrollo o como resultado de la ejecución de algún rediseño.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una sola vez.

Atributos:

- **nombreStandar** (obligatorio): Indica el nombre de la especificación o estándar *e-Learning* con la que es conforme el material creado. Tiene en cuenta la definición de los valores del atributo IDStandar del elemento MD2 *S_estandar*. Tipo de datos: String.
- **ficheroEstruct** (obligatorio): Indica el nombre del fichero que almacena la plantilla. Tipo de datos: String.

Elementos:

- cambiada

Ejemplo:

```
<plantilla ficheroEstruct="basadaenproyectos.zip" nombreStandar="IMS LD+ IMS CP">
  <cambiada>
    <razon>
      <requisito elementoMd2="P_dificultad" valor="alta"
modificacionref="IDmod_1">
        <ObjModificado>http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/estrategias/basada_en_proyectosv
1.zip</ObjModificado>
      </requisito>
    </razon>
  </cambiada>
</plantilla>
```

A3.2.4.4 Elemento <cambiada>

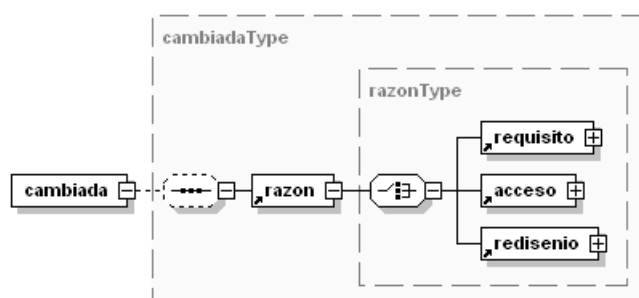


Figura. A.3. 23. Definición del Elemento cambiada

Descripción: Contiene información sobre las razones que originaron cambios en la plantilla de presentación y entrega del material. Las razones más posibles son la necesidad de ajustar las características de la presentación y comportamiento del material debido al valor de uno o varios requisitos del desarrollo o como resultado de la ejecución de algún rediseño.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una sola vez.

Atributos: No tiene.

Elementos:

- razon

Ejemplo:

```
<cambiada>
<razon>
  <requisito elementoMd2="P_dificultad" valor="media" modificacionref="IDmod_5">
    <ObjModificado>http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/estrategias/basada_en_problemasv
1.zip</ObjModificado>
  </requisito>
</razon>
</cambiada>
```

A3.2.4.5 Elemento <integracion>

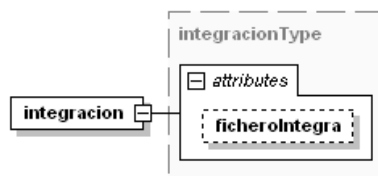


Figura. A.3. 24. Definición del Elemento integracion

Descripción: Contiene información sobre el resultado de integrar los componentes del material (contenidos y estrategia pedagógica) en la plantilla de presentación y entrega conforme con la especificación o estándar *e-Learning* seleccionado.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una sola vez.

Atributos:

- ficheroIntegra (obligatorio). Incluye el localizador (url) del fichero que contiene el material creado dentro del Repositorio de materiales asociado al marco de desarrollo. Tipo de datos: xs:anyURI.

Elementos: No incluye otros elementos

Ejemplo:

```
<integracion ficheroIntegra="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido91.zip"/>
```


A3.2.5 Elementos relacionados la etapa de evaluacion

A3.2.5.1 Elemento <evaluacion>

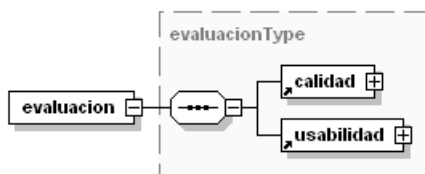


Figura. A.3. 25. Definición del Elemento evaluacion

Descripción: Contiene la información sobre los resultados de la etapa de evaluación. Incluye detalles acerca de cada uno de los criterios de evaluación, el cumplimiento o no de los objetivos de la evaluación, es decir obtener valores aceptables de utilidad pedagógica y usabilidad de la interfaz del material de acuerdo con los umbrales de calidad definidos por los elementos MD2 *C_Umbral* y *U_umbral*; En caso de no cumplimiento de dichos objetivos, se incluyen también las recomendaciones para el rediseño del material.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y puede aparecer tantas veces como etapas de evaluación se realicen para comprobar si material obtenido exhibe valores aceptables de utilidad pedagógica y usabilidad observados. En algunas ocasiones esta etapa se incluye como parte del rediseño para comprobar que las propuestas realizadas y por tanto las ejecuciones de rediseño, permiten obtener valores aceptables de usabilidad y utilidad pedagógica.

Atributos: No tiene.

Elementos:

- calidad
- usabilidad

Ejemplo:

```
<evaluacion>
  <calidad valorutilidadP="poco util" valorRelevancia="poco relevante"
valorumbralC="[medio-3, muy-5]" >
  <aspectos>
    <aspecto nombre-aspecto="cobertura" valor="poca cobertura" nombre-
Criterio="C_completitud" identifier="IDaspect_1">
      <recomendacion identifier="IDrecomenda_2">
        <observa caracteristObservada="Poca cobertura concepto
Rotaciones"/>
        <accion accionTipo="crear"/>
        <elementoModif elementoModificar="Contenidos"/>
        <etapa etapa="seleccion"/>
      </recomendacion>
    </aspecto>
    <aspecto nombre-aspecto="ideoneidad" valor="poco ideonea" nombre-
Criterio="C_completitud" identifier="IDaspect_4">
      <recomendacion identifier="IDrecomenda_3">
        <observa caracteristObservada="S_interaccion, Interaccion entre
estudiantes, en la estrategia"/>
        <accion accionTipo="modificar"/>
        <elementoModif elementoModificar="S_elementosEstandar"/>
        <etapa etapa="composicion"/>
      </recomendacion>
  </aspectos>
</calidad>
</evaluacion>
```

```

        </aspecto>
      </aspectos>
    </calidad>
    <usabilidad valorUsabilidadObs="bastante usable" valorRelevancia="bastante relevante"
    valorUmbralU="[medio-3, muy-5]">
      <aspectos>
        <aspecto nombre-aspecto="presentacion" valor="bastante clara" nombre-
        Criterio="U_autoEvidencia" identifier="IDaspect_11"/>
        <aspecto nombre-aspecto="cant_errores" valor="pocos errores" nombre-
        Criterio="U_cantidadError" identifier="IDaspect_12"/>
        <aspecto nombre-aspecto="severidad" valor=" muy poco impacto" nombre-
        Criterio="U_cantidadError" identifier="IDaspect_13"/>
        <aspecto nombre-aspecto="tiempobserv" valor=" algo menos tiempo" nombre-
        Criterio="U_tiempoFam" identifier="IDaspect_14"/>
        <aspecto nombre-aspecto="intra_componente" valor=" ninguna consistente"
        nombre-Criterio="U_consistencia" identifier="IDaspect_15"/>
        <aspecto nombre-aspecto="inter_componente" valor=" bastante consistente"
        nombre-Criterio="U_consistencia" identifier="IDaspect_16"/>
        <aspecto nombre-aspecto="s_interaccion" valor="adecuado" nombre-
        Criterio="U_facilUso" identifier="IDaspect_17"/>
        <aspecto nombre-aspecto="s_navegacion" valor=" bastante facil" nombre-
        Criterio="U_facilUso" identifier="IDaspect_18"/>
      </aspectos>
    </usabilidad>
  </evaluacion>

```

A3.2.5.2 Elemento <calidad>

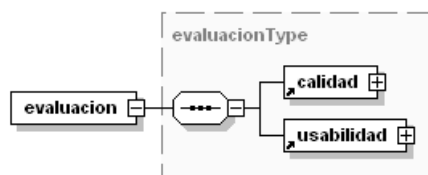


Figura. A.3. 26. Definición del Elemento calidad

Descripción: Contiene información sobre la valoración de la calidad del material vista como la utilidad pedagógica de sus componentes. Incluye detalles sobre el umbral usado para definir si el material es relevante respecto a la calidad y el valor de utilidad pedagógica observado por los evaluadores.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una sola vez

Atributos:

- valorRelevancia (obligatorio). Indica el valor obtenido al calcular la relevancia del material respecto a la calidad, tomando en consideración las reglas de agregación definidas en el meta-modelo MD2 para la instancia *Relevancia_C* del elemento *Relevancia* y puede tomar alguno de los valores especificados para dicho elemento. Tipo de datos: String.
- valorUmbralC (obligatorio). Indica los valores empleados para definir el umbral de calidad, que de acuerdo con la definición del elemento *Umbral* en el meta-modelo, permite decidir cuando es necesario aplicar alguna recomendación de rediseño para que el material exhiba valores aceptables de usabilidad de la interfaz y utilidad pedagógica. Tipo de datos: String.

- **valorutilidadP** (obligatorio). Indica el valor obtenido al calcular la utilidad pedagógica, tomando en consideración la definición del elemento MD2 *C_utilidadP*. Tipo de datos: String.

Elementos:

- aspectos

Ejemplo:

```
<calidad valorutilidadP="poco util" valorRelevancia="poco relevante"
valorumbralC="[medio-3, muy-5]" >
  <aspectos>
    <aspecto nombre-aspecto="cobertura" valor="poca cobertura" nombre-
Criterio="C_completitud" identifiier="IDaspect_1">
      <recomendacion identifiier="IDrecomenda_2">
        <observa caracteristObservada="Poca cobertura concepto
Rotaciones"/>
          <accion accionTipo="crear"/>
          <elementoModif elementoModificar="Contenidos"/>
          <etapa etapa="seleccion"/>
        </recomendacion>
      </aspecto>
    <aspecto nombre-aspecto="ideoneidad" valor="poco ideonea" nombre-
Criterio="C_completitud" identifiier="IDaspect_4">
      <recomendacion identifiier="IDrecomenda_3">
        <observa caracteristObservada="S_interaccion, Interaccion entre
estudiantes en la estrategia"/>
          <accion accionTipo="modificar"/>
          <elementoModif elementoModificar="S_elementosEstandar"/>
          <etapa etapa="composicion"/>
        </recomendacion>
      </aspecto>
    </aspectos>
  </calidad>
```

A3.2.5.3 Elemento <aspectos>

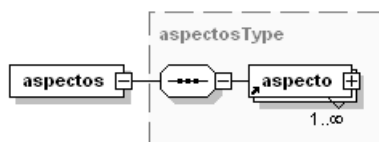


Figura. A.3. 27. Definición del Elemento aspectos

Descripción: Contiene información sobre el conjunto de aspectos que se han utilizado en la etapa de evaluación para cada uno de los criterios que permiten valorar la utilidad pedagógica y la usabilidad del material. Utiliza datos conformes a las definiciones de las instancias de *Aspectos* y *Criterios* definidas en el meta-modelo MD2.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una vez para cada uno de los objetivos de evaluación del material.

Atributos: No tiene.

Elementos:

- aspecto

Ejemplo:

```
<aspectos>
```

```

<aspecto nombre-aspecto="presentacion" valor="bastante clara" nombre-
Criterio="U_autoEvidencia" identifier="IDaspect_11"/>
<aspecto nombre-aspecto="cant_errores" valor="pocos errores" nombre-
Criterio="U_cantidadError" identifier="IDaspect_12"/>
<aspecto nombre-aspecto="severidad" valor=" muy poco impacto" nombre-
Criterio="U_cantidadError" identifier="IDaspect_13"/>
<aspecto nombre-aspecto="tiempobserv" valor=" algo menos tiempo" nombre-
Criterio="U_tiempoFam" identifier="IDaspect_14"/>
<aspecto nombre-aspecto="intra_componente" valor=" ninguna consistente" nombre-
Criterio="U_consistencia" identifier="IDaspect_15"/>
<aspecto nombre-aspecto="inter_componente" valor=" bastante consistente" nombre-
Criterio="U_consistencia" identifier="IDaspect_16"/>
<aspecto nombre-aspecto="s_interaccion" valor="adecuado" nombre-Criterio="U_facilUso"
identifier="IDaspect_17"/>
<aspecto nombre-aspecto="s_navegacion" valor=" bastante facil" nombre-
Criterio="U_facilUso" identifier="IDaspect_18"/>
</aspectos>

```

A3.2.5.4 Elemento <aspecto>

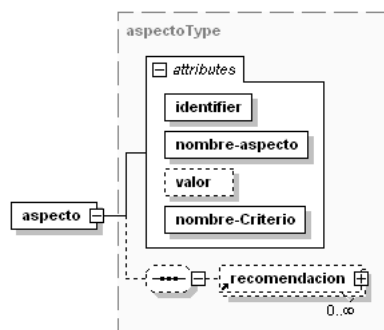


Figura. A.3. 28. Definición del Elemento aspecto

Descripción: Contiene información un aspecto analizado en alguno de los criterios que permiten valorar la utilidad pedagógica y la usabilidad del material durante la etapa de evaluación del material. Utiliza los datos de las instancias de Aspectos y Criterios definidas en el meta-modelo MD2.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una vez para cada uno de los aspectos que se consideran para valorar los criterios y a partir de los cuales se evalúa la utilidad pedagógica y la usabilidad del material.

Atributos:

- **identifier** (obligatorio). Identifica de manera única el aspecto considerado. Tipo de datos: xs:ID (String).
- **nombre-aspecto** (obligatorio). Incluye el nombre del aspecto valorado por el evaluador. Tiene en consideración las definiciones de los nombres de las instancias de *Aspecto* para las siguientes instancias de *Criterio* definidas en el meta-modelo MD2: *C_riqueza*, *C_completitud*, *C_coherencia*, *C_exactitud*, *U_autoEvidencia*, *U_cantidadError*, *U_consistencia* y *U_facilUso*. Tipo de datos: String
- **valor** (obligatorio). Incluye el valor asignado por el evaluador al aspecto. Estos valores se corresponden con uno de los posibles valores del conjunto

de términos lingüísticos definidos en el meta-modelo para el ValorObservado del elemento *Aspecto*. Tipo de datos: String

- nombre-criterio. (obligatorio). Incluye el nombre de la instancia de *Criterio* a la que se asocia el *Aspecto* analizado de acuerdo con las definiciones del meta-modelo MD2. Tipo de datos: String.

Elementos:

- recomendacion

Ejemplo:

```
<aspecto nombre-aspecto="tiempobserv" valor="mucho mas tiempo" nombre-Criterio="U_tiempoFam" identifier="IDaspect_7">
```

A3.2.5.5 Elemento <recomendacion>

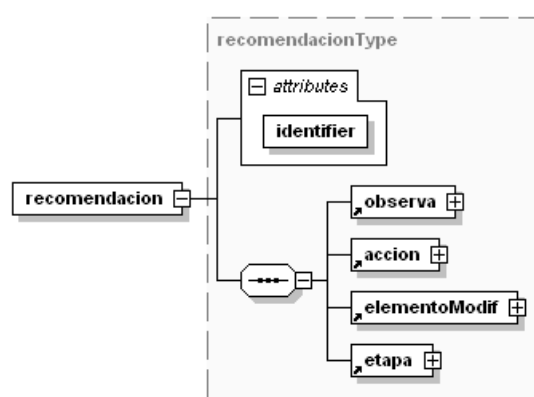


Figura. A.3. 29. Definición del Elemento recomendacion

Descripción: Contiene información sobre la recomendación propuesta para un rediseño que permita que el aspecto analizado y descrito en el elemento <aspecto> exhiba un valor que facilite que el material tenga valores aceptables de utilidad pedagógica o usabilidad.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y para un mismo aspecto aparece las veces que sea necesario realizar modificaciones al material durante el rediseño.

Atributos:

- identifier (obligatorio). Identifica de manera única la recomendación de rediseño propuesta. Tipo de datos: xs:ID (String).

Elementos:

- observa
- accion
- elementoModif
- etapa

Ejemplo:

```
<recomendacion identifier="IDrecomenda_4">
  <observa caracteristObservada="Dificultad de la presentación"/>
  <accion accionTipo="modificar"/>
  <elementoModif elementoModificar="P_dificultad"/>
```

```
<etapa etapa="seleccion" />  
</recomendacion>
```

A3.2.5.6 Elemento <observa>

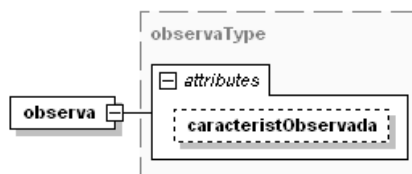


Figura. A.3. 30. Definición del Elemento observa

Descripción: Contiene información sobre una característica del material que ha sido analizada en el elemento <aspecto>, de acuerdo con la definición de dicha instancia de *Aspecto* en el meta-modelo MD2 y que provoca que el valor observado del *Aspecto* no pertenezca al rango de valores aceptables definido por el umbral de calidad o usabilidad.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una vez.

Atributos:

- **caracteristObservada** (obligatorio). Describe la característica que ha sido observada para evaluar el elemento definido en <aspecto>. Tipo de datos: String.

Elementos: No tiene

Ejemplo:

```
<observa caracteristObservada="Dificultad de la presentación" />
```

A3.2.5.7 Elemento <accion>

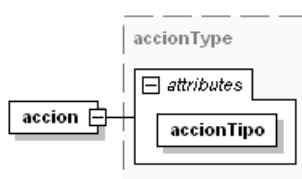


Figura. A.3. 31. Definición del Elemento accion

Descripción: Contiene información sobre la acción que debe realizarse en el rediseño para que el valor observado de la instancia de *Aspecto* pertenezca al rango de valores aceptables.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una sola vez.

Atributos:

- **accionTipo** (obligatorio): Describe la acción que debe llevarse a cabo sobre alguna característica del material para lograr un valor observado aceptable del elemento definido en <aspecto>. Las acciones pueden ser: seleccionar, adicionar, editar o modificar, borrar, agrupar, versionar. Éstas han sido

definidas como parte del elemento *DescriptorCU* en el meta-modelo MD2.

Tipo de datos: String.

Elementos: No tiene

Ejemplo:

```
<accion accionTipo="modificar"/>
```

A3.2.5.8 Elemento <elementoModif>

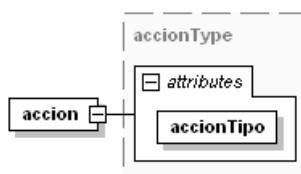


Figura. A.3. 32. Definición del Elemento elementoModif

Descripción: Contiene información sobre característica del material que es objeto de las acciones propuestas para la ejecución de un rediseño.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una vez.

Atributos:

- elementoModificar (obligatorio). Incluye el nombre de la característica del material o requisito de desarrollo, descrito por medio de algún elemento del modelo MD2. Tipo datos: String.

Elementos: No tiene

Ejemplo:

```
<elementoModif elementoModificar="P_dificultad"/>
```

A3.2.5.9 Elemento <etapa>

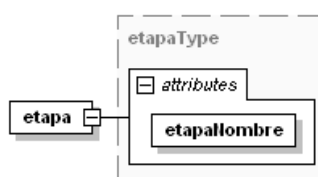


Figura. A.3. 33. Definición del Elemento etapa

Descripción: Contiene información sobre cuál es la etapa del desarrollo en la que debe llevarse a cabo la recomendación propuesta.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una sola vez.

Atributos:

- etapaNombre (obligatorio). Indica el nombre de la etapa de desarrollo, tomando en consideración las etapas a las que ofrece soporte el marco de desarrollo propuesto por la solución MD2: selección, composición y evaluación. Tipo de datos: String

Elementos: No tiene

Ejemplo:

```
<etapa etapa="seleccion"/>
```

A3.2.5.10 Elemento <usabilidad>

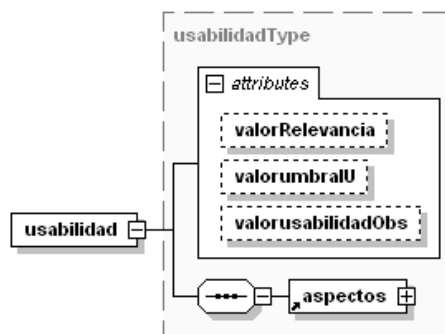


Figura. A.3. 34. Definición del Elemento usabilidad

Descripción: Contiene información sobre la valoración de la calidad del material vista como la usabilidad de su interfaz. Incluye detalles sobre el umbral usado para definir si el material es relevante respecto a la usabilidad de la interfaz y el valor de usabilidad observado por los evaluadores.

Multiplicidad: Este elemento es obligatorio y aparece una sola vez.

Atributos:

- `valorRelevancia` (obligatorio). Indica el valor obtenido al calcular la relevancia del material respecto a la usabilidad, tomando en consideración las reglas de agregación definidas en el meta-modelo MD2 para la instancia *Relevancia_U* del elemento *Relevancia*. Puede tomar alguno de los valores especificados para dicho elemento. Tipo de datos: String.
- `valorUmbralU` (obligatorio). Indica los valores empleados para definir el umbral de usabilidad, que acorde con la definición del elemento *Umbral* en el meta-modelo MD2, permiten decidir cuando es necesario aplicar alguna recomendación de rediseño para que el material exhiba valores aceptables de usabilidad de la interfaz y utilidad pedagógica. Tipo de datos: String.
- `valorusabilidadObserv` (obligatorio). Indica el valor obtenido al calcular la usabilidad de la interfaz, tomando en consideración la definición del elemento MD2 *U_usabilidadObservada*. Tipo de datos: String.

Elementos:

- `aspectos`

Ejemplo:

```
<usabilidad valorusabilidadObs=" poco usable" valorRelevancia="poco relevante"
valorumbralU="[medio-3, muy-5]">
  <aspectos>
    <aspecto nombre-aspecto="tiempobserv " valor="mucho mas tiempo" nombre-
Criterio="U_tiempoFam" identifier="IDaspect_7">
```



```

<recomendacion identifier="IDrecomenda_4">
<observa caracteristObservada="Dificultad de la presentación"/>
<accion accionTipo="modificar"/>
<elementoModif elementoModificar="P_dificultad"/>
<etapa etapa="seleccion"/>
</recomendacion>
<recomendacion identifier="IDrecomenda_5">
<observa caracteristObservada="Tiempo de presentacion, en plantilla de
presentación"/>
<accion accionTipo="modificar"/>
<elementoModif elementoModificar="S_elementosEstandar"/>
<etapa etapa="composicion"/>
</recomendacion>
</aspecto>
</aspectos>
</usabilidad>

```

A3.2.6 Elementos relacionados con las ejecuciones de rediseño

A3.2.6.1 Elemento <result_rediseño>

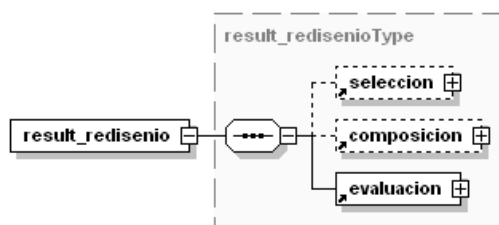


Figura. A.3. 35. Definición del Elemento result_rediseño

Descripción: Contiene la información sobre los resultados obtenidos en las diferentes ejecuciones de rediseño. Incluye información sobre cada una de las modificaciones en las etapas de selección y composición como resultado de aplicar las recomendaciones de rediseño propuestas en la etapa de evaluación inicial, así como los datos relacionados con la siguiente ejecución de la etapa de evaluación, en la que se estima si los valores observados de usabilidad de la interfaz y utilidad pedagógica se han visto beneficiados por la aplicación de las propuestas de rediseño.

Multiplicidad: Este elemento no es obligatorio, pero debe aparecer tantas veces como ejecuciones de rediseño se hayan ejecutado a partir de la primera evaluación.

Atributos: No tiene.

Elementos:

- seleccion
- composicion
- evaluacion

Ejemplo:

```

<result_rediseño>
  <seleccion>
    <modificaciones numero="1">
      <modificacion identifier="IDmod_2" recomedacionref="IDrecomenda_2"/>
    </modificaciones>
  <result_selec>
    <contenidos numero="1">

```

```

        <creados numero="1">
        <creado url-
contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido46.zip" identifier="IDcont_3" nombre-
contenido="ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1.3">
        <razon>
        <rediseño modificacionref="IDmod_2">

        <ObjModificado>ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron_version1.2</ObjModificado>
        </rediseño>
        </razon>
        </creado>
        </creados>
        </contenidos>
    </result_selec>
</seleccion>
<composicion>
    <modificaciones numero="3">
    <modificacion identifier="IDmod_6" recomendacionref="IDrecomenda_3"/>
    </modificaciones>
    <result_compos>
        <plantilla ficheroEstruct="basadaenprocedimientos.zip"
nombreStandar="IMS LD+ IMS CP">
        <cambiada>
        <razon>
        <rediseño modificacionref="IDmod_6"
elementoMd2="S_elementosEstandar" valor="http://md2.dei.inf/moodle/forum/view?" >
        <ObjModificado>imsld:environment:service</ObjModificado>
        </rediseño>
        </razon>
        </cambiada>
        </plantilla>
        <integracion
ficheroIntegra="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido91_rediseño.zip"/>
        </result_compos>
    </composicion>
    <evaluacion>
    <calidad valorutilidadP="bastante util" valorRelevancia="bastante relevante"
valorumbraLC="[medio-3, muy-5]">
    <aspectos>
        <aspecto nombre-aspecto="cant_inform" valor=" bastante cobertura" nombre-
Criterio="C_riqueza" identifier="IDaspect_1"/>
        <aspecto nombre-aspecto="form_present" valor=" bastantes formas" nombre-
Criterio="C_riqueza" identifier="IDaspect_2"/>
        <aspecto nombre-aspecto="cobertura" valor=" bastante cobertura" nombre-
Criterio="C_completitud" identifier="IDaspect_3"/>
        <aspecto nombre-aspecto="idoneidad" valor=" bastante idoneo" nombre-
Criterio="C_completitud" identifier="IDaspect_4"/>
        <aspecto nombre-aspecto="contradicciones" valor=" ninguna contradiccion" nombre-
Criterio="C_coherenciaC" identifier="IDaspect_5"/>
        <aspecto nombre-aspecto="relacionTema" valor=" bastante relacionado" nombre-
Criterio="C_exactitudC" identifier="IDaspect_6"/>
        <aspecto nombre-aspecto="relacionObjetivos" valor=" bastante relacionado" nombre-
Criterio="C_exactitudC" identifier="IDaspect_7"/>
        <aspecto nombre-aspecto="balance" valor=" balanceado" nombre-
Criterio="C_estructuraH" identifier="IDaspect_8"/>
    </aspectos>
    </calidad>
    <usabilidad valorusabilidadObs="bastante usable" valorRelevancia="bastante relevante"
valorumbraLU="[medio-3, muy-5]"/>
    </evaluacion>
    </result_rediseño>

```

A3.2.7 Ejemplo de XML

```

<desarrollo nombre-material="Material_ArbolesBinarios_UOL_06232007_clpadron_uc3m_version1"
durabilidadTema="persistente"
xmlns="http://md2.dei.inf.uc3m.es/md2developmentrationales.xsd">
<reutiliza componenteMaterial="contenidos" nombre-
material="ArbolesBinarios_UOL_06062007_clpadron+version1"/>
<seleccion>
  <modificaciones numero="1">
    <modificacion identifier="IDmod_1" />
  </modificaciones>
  <result_selec>
    <contenidos numero="3">
      <creados numero="1">
        <creado url-
contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido57.zip" identifier="IDcont_3" nombre-
contenido="ArbolesBinarios_LO_06082007_clpadron+version1.1">
          <razon>
            <acceso acceso-razon-name="accesoPago">
              <ObjModificado>http://www.merlot.org/cgi-
bin/ntlinktrack.cgi?http://www.med.ucla.edu/wilkes/intro.html</ObjModificado>
            </acceso>
          </razon>
        </creado>
      </creados>
      <modificados numero="1">
        <modificado url-
contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido21.zip" identifier="IDcont_1" nombre-
contenido="ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron+version1.2">
          <razon>
            <rediseño modificacionref="IDmod_1">
              <ObjModificado>ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron+version1</ObjModificado>
            </rediseño>
          </razon>
        </modificado>
      </modificados>
      <seleccionados numero="1">
        <seleccionado url-
contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido12.zip" identifier="IDcont_2" nombre-
contenido="ArbolesBinarios_QTI_0612007_clpadron+version1.2">
          </seleccionado>
        </seleccionados>
      </contenidos>
      <estrategia estrategia-name="basada en procedimientos"/>
    </result_selec>
  </seleccion>
</composicion>
  <modificaciones numero="1">
    <modificacion identifier="IDmod_2" />
  </modificaciones>
  <result_compos>
    <plantilla ficheroEstruct="basadaenprocedimientos.zip" nombreStandar="IMS LD+
IMS CP">
      <cambiada>
        <razon>
          <requisito elementoMd2="P_dificultad" valor="alta"
modificacionref="IDmod_2">
            <ObjModificado>http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/estrategias/basada_en_procedimie
ntov1.zip</ObjModificado>
          </requisito>
        </razon>
      </cambiada>
    </plantilla>
  </integracion
ficheroIntegra="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido91.zip"/>
</result_compos>
</composicion>

```

```

<evaluacion>
  <calidad valorutilidadP="poco util" valorRelevancia="poco relevante"
valorumbralC="[medio-3, muy-5]" >
  <aspectos>
    <aspecto nombre-aspecto="cobertura" valor="poca cobertura" nombre-
Criterio="C_completitud" identifi er="IDaspect_1">
      <recomendacion identifi er="IDrecomenda_2">
        <observa caracteristObservada="Poca cobertura concepto
Rotaciones"/>
        <accion accionTipo="crear"/>
        <elementoModif elementoModificar="Contenidos"/>
        <etapa etapa="seleccion"/>
      </recomendacion>
    </aspecto>
    <aspecto nombre-aspecto="ideoneidad" valor="poco ideonea" nombre-
Criterio="C_completitud" identifi er="IDaspect_4">
      <recomendacion identifi er="IDrecomenda_3">
        <observa caracteristObservada="S_interaccion, Interaccion
entre estudiantes, en la estrategia"/>
        <accion accionTipo="modificar"/>
        <elementoModif elementoModificar="S_elementosEstandar"/>
        <etapa etapa="composicion"/>
      </recomendacion>
    </aspecto>
  </aspectos>
</calidad>
  <usabilidad valorusabilidadObs=" poco usable" valorRelevancia="poco relevante"
valorumbralU="[medio-3, muy-5]">
  <aspectos>
    <aspecto nombre-aspecto="tiempobserv " valor="mucho mas tiempo" nombre-
Criterio="U_tiempoFam" identifi er="IDaspect_7">
      <recomendacion identifi er="IDrecomenda_4">
        <observa caracteristObservada="Dificultad de la
presentación"/>
        <accion accionTipo="modificar"/>
        <elementoModif elementoModificar="P_dificultad"/>
        <etapa etapa="seleccion"/>
      </recomendacion>
      <recomendacion identifi er="IDrecomenda_5">
        <observa caracteristObservada="Tiempo de presentacion, en
plantilla de presentación"/>
        <accion accionTipo="modificar"/>
        <elementoModif elementoModificar="S_elementosEstandar"/>
        <etapa etapa="composicion"/>
      </recomendacion>
    </aspecto>
  </aspectos>
</usabilidad>
</evaluacion>
<result_rediseño >
  <seleccion>
    <modificaciones numero="1">
      <modificacion identifi er="IDmod_3"
recomedacionref="IDrecomenda_2"/>
    </modificaciones>
    <result_selec>
      <contenidos numero="1">
        <creados numero="1">
          <creado url-
contenido="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido46.zip" identifi er="IDcont_3" nombre-
contenido="ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron+version1.3">
            <razon>
              <rediseño modificacionref="IDmod_3">
                <ObjModificado>ArbolesBinarios_LO_06062007_clpadron+version1.2</ObjModificado>
              </rediseño>
            </razon>
          </creado>
        </creados>
      </contenidos>
    </result_selec>
  </seleccion>
</result_rediseño >

```

```

        </creado>
    </creados>
</contenidos>
</result_selec>
</seleccion>
<composicion>
    <modificaciones numero="3">
        <modificacion identifier="IDmod_6"
recomedacionref="IDrecomenda_3"/>
        <modificacion identifier="IDmod_10"
recomedacionref="IDrecomenda_4"/>
        <modificacion identifier="IDmod_11"
recomedacionref="IDrecomenda_5"/>
    </modificaciones>
</result_compos>
<plantilla ficheroEstruct="basadaenprocedimientos.zip" nombreStandar="IMS LD+
IMS CP">
    <cambiada>
<razon>
    <redisenio modificacionref="IDmod_6" elementoMd2="S_elementosEstandar"
valor="http://md2.dei.inf/moodle/forum/view?" >
    <ObjModificado>imsl:d:environment:service</ObjModificado>
    </redisenio>
    <redisenio modificacionref="IDmod_10" elementoMd2="P_dificultad"
valor="media" >
    <ObjModificado>imsl:d:learning-activity:complete-activity</ObjModificado>
    </redisenio>
    <redisenio modificacionref="IDmod_11" elementoMd2="S_elementosEstandar"
valor="20min" >
    <ObjModificado>imsl:d:learning-activity:complete-activity:time-
limit</ObjModificado>
    </redisenio>
    </razon>
</cambiada>
</plantilla>
    <integracion
ficheroIntegra="http://md2.dei.inf.uc3m:8080/RMD/contenido91_redisenio.zip"/>
    </result_compos>
</composicion>
<evaluacion>
<calidad valorutilidadP="bastante util" valorRelevancia="bastante relevante"
valorumbralC="[medio-3, muy-5]">
<aspectos>
    <aspecto nombre-aspecto="cant_inform" valor=" bastante cobertura" nombre-
Criterio="C_riqueza" identifier="IDaspect_1"/>
    <aspecto nombre-aspecto="form_present" valor=" bastantes formas" nombre-
Criterio="C_riqueza" identifier="IDaspect_2"/>
    <aspecto nombre-aspecto="cobertura" valor=" bastante cobertura" nombre-
Criterio="C_completitud" identifier="IDaspect_3"/>
    <aspecto nombre-aspecto="idoneidad" valor=" bastante idoneo" nombre-
Criterio="C_completitud" identifier="IDaspect_4"/>
    <aspecto nombre-aspecto="contradicciones" valor=" ninguna contradiccion" nombre-
Criterio="C_coherenciaC" identifier="IDaspect_5"/>
    <aspecto nombre-aspecto="relacionTema" valor=" bastante relacionado" nombre-
Criterio="C_exactitudC" identifier="IDaspect_6"/>
    <aspecto nombre-aspecto="relacionObjetivos" valor=" bastante relacionado" nombre-
Criterio="C_exactitudC" identifier="IDaspect_7"/>
    <aspecto nombre-aspecto="balance" valor=" balanceado" nombre-
Criterio="C_estructuraH" identifier="IDaspect_8"/>
</aspectos>
</calidad>
<usabilidad valorusabilidadObs="bastante usable" valorRelevancia="bastante relevante"
valorumbralU="[medio-3, muy-5]">
<aspectos>
    <aspecto nombre-aspecto="presentacion" valor="bastante clara" nombre-
Criterio="U_autoEvidencia" identifier="IDaspect_11"/>

```

```
<aspecto nombre-aspecto="cant_errores" valor="pocos errores" nombre-
Criterio="U_cantidadError" identifier="IDaspect_12"/>
<aspecto nombre-aspecto="severidad" valor=" muy poco impacto" nombre-
Criterio="U_cantidadError" identifier="IDaspect_13"/>
<aspecto nombre-aspecto="tiempobserv" valor=" algo menos tiempo" nombre-
Criterio="U_tiempoFam" identifier="IDaspect_14"/>
<aspecto nombre-aspecto="intra_componente" valor=" ninguna consistente" nombre-
Criterio="U_consistencia" identifier="IDaspect_15"/>
<aspecto nombre-aspecto="inter_componente" valor=" bastante consistente" nombre-
Criterio="U_consistencia" identifier="IDaspect_16"/>
<aspecto nombre-aspecto="s_interaccion" valor="adecuado" nombre-Criterio="U_facilUso"
identifier="IDaspect_17"/>
<aspecto nombre-aspecto="s_navegacion" valor=" bastante facil" nombre-
Criterio="U_facilUso" identifier="IDaspect_18"/>
</aspectos>
</usabilidad>
  </evaluacion>
</result_rediseño>
</desarrollo>
```

Anexo 4 Información sobre las pruebas de evaluación

En este anexo se presenta la información sobre algunas de pruebas realizadas como parte de la evaluación de la solución propuesta por este trabajo a la problemática del desarrollo de materiales didácticos.

La primera sección se dedica a presentar la información sobre la evaluación del método de desarrollo, que incluye los enunciados de las tareas que debían realizarse durante las pruebas y los cuestionarios proporcionados para recabar información sobre la utilidad del método MD2 como guía para el desarrollo y del soporte ofrecido por los prototipos de la arquitectura propuesta por la solución. La segunda sección incluye el cuestionario utilizado en la evaluación de expertos sobre la utilidad de la solución y la factibilidad de su implementación.

A4.1 Evaluación del método de desarrollo

A4.1.1 Prueba I: Enunciado de la práctica (P6LD2006-07)

Práctica 6. Diseño de procesos de aprendizaje: IMS Learning Design + Reload

Esta práctica consta de dos actividades a través de las cuales el alumno se familiarizará con el diseño de diseños de procesos de aprendizaje descritos empleando la especificación IMS Learning Design, es decir, el desarrollo de materiales didácticos conformes con dicha especificación, para lo que será necesario hacer uso del editor IMS Learning Design Reload.

Actividad 1

Objetivos: Instalar el editor de IMS Learning Design Reload.

Descripción: El alumno deberá descargar e instalar el editor de IMS Learning Design Reload de la url <http://www.reload.ac.uk/ldeditor.html>.

Método: Esta actividad se realizará de acuerdo con la descripción presentada en grupos de 2 o 3 alumnos. Cada grupo desarrollará la práctica en una máquina del laboratorio (aula 1.0A02).

Resultado: Como resultado de la actividad el alumno dispondrá del editor IMS Learning Design Reload instalado en la máquina.

Fecha de realización: 17 de Abril de 2007.

Fecha de finalización: 17 de Abril de 2007.

Actividad 2

Objetivos:

- Conocer el funcionamiento de la herramienta Reload Editor para el desarrollo de materiales conformes con la especificación IMS Learning Design.
- Poner en práctica los conocimientos adquiridos acerca de la especificación IMS Learning Design mediante la creación de una unidad de aprendizaje de nivel B

Descripción: El alumno deberá crear una unidad de aprendizaje (UoL) llamada CasoPracticoIMSLD que se corresponderá con el diseño de un proceso de aprendizaje en el que se estudia a través de un caso práctico la especificación IMS LD y que se corresponde con la actividad programada para la semana del 3 al 9 de abril: "IMS LD: Caso práctico". La narrativa del curso es la siguiente:

- Título: Caso práctico IMS LD
- Creado por: nombre autores.
- Pedagogía o tipos de aprendizaje: Aprendizaje individual y basado en grupos
- Descripción y contexto: Material educativo publicado en Moodle empleado dentro de la asignatura de EAO y referente al tema de IMS LD.
- Objetivos didácticos: El estudiante se familiarizará con los detalles de la especificación del IMS LD mediante un caso práctico de uso.
- Roles: Estudiante, Profesor
- Actividades colaborativas: Los estudiantes pueden observar las respuestas que otros alumnos dan a las preguntas y compararlas con las propias.
- Flujo de aprendizaje: El estudiante deberá estudiar uno por uno y en orden los distintos pasos del caso práctico de IMS LD correspondiente a la actividad programada para la asignatura de EAO para la semana del 3 al 9 de abril. El paso 4A incluye una pregunta que el alumno deberá responder, de tal forma que una vez introducida su respuesta pueda compararla con las proporcionadas por el resto de los alumnos. El proceso se dará por finalizado una vez el alumno complete el último paso del proceso.
- Contenidos: deberá usar: Formularios electrónicos (para escribir las respuestas) y Documentos electrónicos y ficheros correspondientes a UoLs de ejemplo del tema IMS LD.

Una vez completada la creación de la UoL está será probada empleando la herramienta CopperCore o Sled.

Método: Esta actividad se realizará de acuerdo con la descripción presentada en grupos de 2 o 3 alumnos. Cada grupo desarrollará la práctica en una máquina del laboratorio (aula 1.0A02).

Resultado: Como resultado de la actividad el alumno dispondrá de una unidad de aprendizaje de nivel B llamada CasoPracticoIMSLD.

Nota: Esta entrega es de carácter evaluable.

Fecha de realización: 17 de Abril de 2007.

Fecha de finalización: 26 de Abril de 2007.

A4.1.2 Prueba I: Cuestionario de evaluación

Cuestionario sobre el desarrollo de materiales didácticos basados en la especificación IMS LD (P6LD2006-07)

Nombres y Apellidos:

NIU:

Curso

Titulación

Por favor, responda a las siguientes cuestiones sobre la realización de la práctica 6. (P6LD2006-07)

Conocimientos sobre estándares educativos

1. Tener conocimientos muy básicos sobre los elementos de la especificaciones IMS CP, IMS SS, IMS LD me permitió realizar la práctica de forma :
 - a. Muy sencilla
 - b. Sencilla (Nada complicada)
 - c. Normal
 - d. Complicada (Poco Sencilla)
 - e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

Nota para el procesamiento: Estructuras XML y significado de cada uno de los elementos del estándar/especificación

Desarrollo del material. Etapas del proceso.

2. Tener disponible la descripción de los contenidos para realizar las versiones que se ajustarán a los requisitos especificados en el enunciado en el enunciado de la práctica (P6) me ayudó a desarrollar el material:
 - a. Mucho
 - b. Un poco
 - c. Algo
 - d. Casi nada
 - e. Nada

Nota para el procesamiento: Sobre la etapa selección de contenidos.

3. El proceso de adaptar los contenidos facilitados a los requisitos especificados en el enunciado de la práctica (P6) me resultó:
 - a. Muy sencillo
 - b. Sencillo
 - c. Normal
 - d. Complicado
 - e. Muy Complicado

Nota para el procesamiento: Sobre la etapa selección de contenidos.

4. Saber cuáles contenidos debía utilizar y conocer la estructura del curso con la correspondiente secuenciación me ayudó a realizar el desarrollo:
 - a. Muy poco
 - b. Poco
 - c. Algo
 - d. Bastante
 - e. Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionado con la etapa de composición. Cómo influye disponer de la estructura XML para una determinada estrategia pedagógica. En este caso no se dispone de ella.

5. Para diseñar la estructura en XML para la presentación y secuenciación de todas las actividades de la unidad de aprendizaje del curso, la herramienta RELOAD me ayudó:
 - a. Muy poco
 - b. Poco
 - c. Algo
 - d. Bastante
 - e. Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionado con la etapa de composición. Como influye disponer de la estructura XML para una determinada estrategia pedagógica. En este caso no se dispone de ella.

6. Realizar la composición del curso empleando los contenidos y la estructura en XML para la presentación y secuenciación de la UOL empleando RELOAD
 - a. Muy sencilla
 - b. Sencilla (Nada complicada)
 - c. Normal
 - d. Complicada (Poco Sencilla)
 - e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

Recuerde que: La composición es establecer las correspondencias adecuadas entre los contenidos del curso y la estrategia pedagógica definida según la estructura del curso y su secuenciación.

7. En la comprobación del correcto funcionamiento del curso en la práctica. La opción Visualizar de RELOAD me ayudó:
 - a. Muy poco
 - b. Poco
 - c. Casi nada
 - d. Nada
 - e. Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionada con la visualización previa a la evaluación del material.

8. En la comprobación del correcto funcionamiento del curso en la práctica P6. La opción Importar/verificar curso en el SLED me ayudó a verificar la validez del curso:

- a. Muy poco
- b. Poco
- c. Algo
- d. Bastante
- e. Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionada con la visualización la composición del curso previa a su evaluación. Requisitos no relacionados con el cumplimiento del estándar.

9. En la comprobación del correcto funcionamiento del curso en la práctica, para saber si la estructura del curso y su secuenciación era correcta. Importar/verificar curso en el SLED me aportó información:

- a. Muy sencilla
- b. Sencilla (Nada complicada)
- c. Normal
- d. Complicada (Poco Sencilla)
- e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

Nota para el procesamiento: Relacionada con la visualización la composición del curso previa a su evaluación con el objeto de comprobar si la estructura del curso y su secuenciación es correcta y conforme a la especificación.

10. No disponer de criterios que me permitieran evaluar si el curso desarrollado funcionaba correctamente y cumplía con los requisitos planteados en el enunciado de las prácticas como inicio del proceso de desarrollo. Me supuso que la evaluación del material fuera:

- a. Muy sencilla
- b. Sencilla (Nada complicada)
- c. Normal
- d. Complicada (Poco Sencilla)
- e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

Nota para el procesamiento: Disponer de criterios de evaluación, influencia en la ejecución de una evaluación.

Herramientas

11. El desarrollo de materiales con la herramienta de autoría RELOAD me resultó:
- a. Muy sencilla
 - b. Sencilla (Nada complicada)

- c. Normal
- d. Complicada (Poco Sencilla)
- e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

12. El número de horas que he empleado fuera de clases en el desarrollo del material LD especificado en la P6 ha sido:

- a. 10 horas
- b. 15 horas
- c. 20 horas
- d. Más de 20 horas

Recuerde que para computar este tiempo no debe considerar las horas de trabajo en las clases de práctica

Muchas gracias por su colaboración.

A4.1.3 Prueba II: Enunciado de la práctica (POblig2006-07)

Práctica Obligatoria Junio Curso 2006-07

La práctica final de la asignatura consistirá en la aplicación de los conceptos estudiados durante la parte teórica del curso. El estudiante deberá desarrollar un material educativo siguiendo las especificaciones estudiadas durante las clases de teoría.

Objetivos:

El objetivo es aplicar las especificaciones SCORM, QTI a los contenidos de la asignatura que a continuación se describen, de tal forma que se obtenga un conjunto de materiales didácticos podrán ser empleados en la composición de una unidad de aprendizaje (UoL- IMS LD) correspondiente a un curso.

Descripción de los Materiales:

Temáticas relacionadas con “Técnicas de Desarrollo de Programas”: Debe utilizar todas las traspas de teoría, los enunciados de las prácticas semanales y los exámenes del año anterior disponibles en [la página de la asignatura](#) del sitio del grupo de investigación Laboratorio DEI (dei.inf.uc3m.es)

La asignatura de referencia se empleará como mera fuente de los contenidos que formarán el material. Es importante que el contenido del material quede totalmente desvinculado de la asignatura en la que se imparte y debe desaparecer cualquier mención a la asignatura de donde se han tomado. De esta forma, el material en forma de objetos de aprendizaje o *learning objects* podrá en ser reutilizado cualquier otra asignatura, titulación o en un contexto educativo diferente.

Requisitos:

1. Estructura de la UoL:

La UoL estará organizada en cinco **Actos**:

Acto 1- Comprobación de nivel para cursar la asignatura

Acto 2- Introducción correspondiente a los temas 1 y 2 (Tema 1: UML - Unified Modeling Language y Tema 2: Técnicas básicas de POO).

Acto 3- Desarrollo correspondiente al tema 3: Patrones estructurales.

Acto 4- Desarrollo correspondiente al tema 3: Patrones de creación.

Acto 5- Desarrollo correspondiente al tema 5: Patrones de comportamiento.

El alumno en el Acto 1 encontrará una actividad en la que deberá completar 2 tests para continuar el curso. Estos tests permitirán comprobar que el alumno tiene los conocimientos básicos para acceder al resto del curso. Debe explicarse al estudiante que si obtiene una puntuación superior a 10 puntos al concluir cada test, es decir, 20 puntos al terminar la actividad podrá continuar con el resto de los actos que forman el curso. En caso contrario podrá acceder al curso y se recomendará que repase aquellos conceptos en los que ha fallado en los tests

Actividades: Los actos (2 al 5) estarán compuestos por un conjunto de actividades de tal manera que se desarrollará una actividad por cada:

- Clase de teoría
- Ejercicios de clase de prácticas

Las lecturas adicionales recomendadas durante el curso aparecerán como recursos adicionales asociados a actividades.

La secuenciación entre las actividades se llevará a cabo empleando las propiedades y condiciones del IMS LD.

Roles: Se crearán tres roles distintos que participarán en el proceso educativo:

- Alumno
- Profesor teoría
- Profesor práctica

El primero deberá completar las actividades anteriormente mencionadas mientras que los otros dos tendrán asignadas actividades de soporte a los alumnos durante cada uno de los actos del curso.

2. Desarrollo de contenidos:

- Las actividades de cada acto relacionadas con Teoría deberán incluir recursos SCORM, cuyos contenidos serán las transparencias de teoría de cada temática. Estos recursos se desarrollarán siguiendo las instrucciones dadas en las prácticas formativas 4 (SCORM RTE y RELOAD) y 5 (IMS SS y SCORM RTE).
- Las actividades de cada acto relacionadas con Prácticas, deberán presentarse como un conjunto de actividades tal y como se describe en los enunciados de las prácticas que se utilizaran como material de referencia.

- Los test de evaluación se desarrollarán siguiendo la especificación QTI. Para ello se utilizarán las preguntas disponibles en [el fichero tests.zip](#)

Requisitos que los paquetes SCORM deben cumplir:

- No deben mostrarse los botones de navegación del Runtime.
- La navegación debe ser realizada en orden, es decir, el árbol de nodos no debe permitir navegar a aquellos nodos que no han sido visitados previamente. Para ello se deberá utilizar la especificación IMS SS.
- Las páginas HTML deben incluir código que permita la navegación a la siguiente página dentro del paquete.
- Notificar al Learning Management System cuando el curso está incompleto y cuando completo.

Para implementar estas propiedades se puede consultar la sección 5 "SCORM Presentation and Navigation" del SCORM Content Aggregation Model y la sección 4 "SCORM Run-Time Environment Data Model" del SCORM Run-Time Environment.

Además será necesario tener declarados dentro del elemento raíz del fichero manifiesto los siguientes esquemas:

```
xmlns="http://www.imsglobal.org/xsd/imscp_v1p1"
xmlns:adlcp="http://www.adlnet.org/xsd/adlcp_v1p3"
xmlns:imsss="http://www.imsglobal.org/xsd/imsss"
xmlns:adlnav="http://www.adlnet.org/xsd/adlnav_v1p3"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.imsglobal.org/xsd/imscp_v1p1 imscp_v1p1.xsd
http://www.adlnet.org/xsd/adlcp_v1p3 adlcp_v1p3.xsd
http://www.imsglobal.org/xsd/imsss imsss_v1p0.xsd
http://www.adlnet.org/xsd/adlnav_v1p3 adlnav_v1p3.xsd"
```

Requisitos que deben cumplir los test:

- Número de preguntas del test de acuerdo con los contenidos facilitados.
- El formato de preguntas deberá seguir las instrucciones de la práctica 7.
- Cada pregunta debe tener procesamiento de respuestas y reatro-alimentación como en la práctica 7.
- Cada pregunta tiene un valor de 1 punto
- Hay restricción de tiempo, 60 minutos para cada test.

3. Desarrollo de metadatos

Tanto los recursos SCORM, QTI como la UoL deberán estar anotados empleando el estándar LOM. Deberá utilizarse al menos los siguientes descriptores:

- Título del tema (lom:title)
- Idioma utilizado en el contenido (lom:language)
- Formato del contenido (lom:format)

- Tiempo que se necesita para ejecutar el contenido (lom:duration)
- Tipo de material (lom:learningResourceType)
- Tipo de clasificación y descripción de la clasificación (lom:purpose y lom:description)
- Tipo de interactividad (lom:interactivityType)

Herramientas:

Para desarrollar la práctica final se utilizarán las mismas herramientas empleadas para las prácticas formativas semanales.

Para la autoría o creación se podrá usar:

- para contenidos Web: cualquier editor de contenidos Web
- para empaquetado de contenidos: Reload
- para contenidos SCORM: Reload + cualquier editor XML
- para interacción LO-LMS: cualquier editor javascript
- para preguntas y tests QTI: OLAT
- para Learning Design: Reload

Para la ejecución (reproducción y pruebas) se podrá usar:

- para Learning Design: CopperCore 2.2.2
- para contenidos SCORM: SCORM Runtime u OLAT, a elegir
- para evaluación de QTI: OLAT

Con el objetivo de probar los contenidos desarrollados, se instalará y configurará un entorno compuesto por los tres servidores anteriores, descrito en la práctica 3 [Sistema de gestión de contenidos (II)] y que además se presenta en la arquitectura del entorno de prueba.

Entrega

La práctica deberá entregarse el día del examen. La visualización de la misma se realizará en las dos horas siguientes a la finalización del examen

Además de la UoL, todos los contenidos generados y las respuestas al cuestionario de evaluación, la entrega deberá contener un documento en el cual los autores incluyan:

- Una descripción detallada de la estructura de la UoL.
- Una tabla que permita localizar y encontrar la correspondencia entre los diferentes componentes desarrollados para las distintas partes de la arquitectura de visualización y entrega.
- Especificación de las relaciones entre los entornos, actividades y objetivos de aprendizaje.

Criterios de evaluación

En la evaluación de la práctica se tendrán en cuenta los siguientes criterios, ordenados de mayor a menor importancia:

- Cumplimiento o conformidad con las especificaciones de *e-Learning* estudiadas.
- Robustez tecnológica del material desarrollado: Funcionamiento correcto
- Calidad: estructura adecuada y cantidad de los contenidos Web desarrollados

A4.1.4 Prueba II: Cuestionario de evaluación

Cuestionario sobre el desarrollo de materiales didácticos basados en la especificación IMS LD (POblig2006-07)

Nombres y Apellidos:

NIU:

Curso

Titulación

Por favor, responda a las siguientes cuestiones sobre la realización de la práctica obligatoria. (POblig2006-07)

Conocimientos sobre estándares educativos

1. Haber realizado prácticas anteriores sobre las especificaciones IMS SCORM, IMS CP, IMS SS, IMS LD me permitió conocer y entender mejor los elementos de las especificaciones por lo que pude realizar la práctica obligatoria de forma:
 - a. Muy sencilla
 - b. Sencilla (Nada complicada)
 - c. Normal
 - d. Complicada (Poco Sencilla)
 - e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

Nota para el procesamiento: Estructuras XML y significado de cada uno de los elementos del estándar/especificación

Desarrollo del material. Etapas del proceso.

2. Tener disponible la descripción de los contenidos para realizar las versiones que se ajustarán a los requisitos especificados en el enunciado de la práctica (P Obligatoria) me ayudó a desarrollar los cursos:
 - a. Muy poco
 - b. Poco
 - c. Algo
 - d. Bastante
 - e. Mucho

Nota para el procesamiento: Sobre la etapa selección de recursos de contenidos

3. El proceso de adaptar los contenidos facilitados a los requisitos especificados en el enunciado de la práctica (P Obligatoria) me resultó:

- a. Muy sencillo
- b. Sencillo
- c. Normal
- d. Complicado
- e. Muy Complicado

Nota para el procesamiento: Sobre la etapa selección de recursos de contenidos.

4. Saber cuáles contenidos debía utilizar y conocer la estructura del curso con la descripción proporcionada en el enunciado me ayudó a realizar el desarrollo:

- a. Muy poco
- b. Poco
- c. Algo
- d. Bastante
- e. Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionado con la etapa de composición. Cómo influye disponer de la estructura XML para una determinada estrategia pedagógica. En este caso no se dispone de ella.

5. Para diseñar la estructura en XML para la presentación y secuenciación de todas las actividades de la unidad de aprendizaje del curso, la herramienta RELOAD me ayudó:

- a. Muy poco
- b. Poco
- c. Algo
- d. Bastante
- e. Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionado con la etapa de composición

6. Para el diseño de la estructura en XML para la presentación y secuenciación de todas las preguntas de los test, utilizar la herramienta QTIEditor de OLAT me ayudó:

- a. Muy poco
- b. Poco
- c. Algo
- d. Bastante
- e. Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionado con la etapa de composición

7. Realizar la composición de los tests empleando la estructura en XML para la presentación y secuenciación de todas las preguntas de los test y los contenidos de las preguntas con la herramienta QTIEditor de OLAT me resultó:

- a. Muy sencilla
- b. Sencilla (Nada complicada)
- c. Normal
- d. Complicada (Poco Sencilla)
- e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

Nota para el procesamiento: Relacionado con la etapa de composición

8. Realizar la composición del curso empleando los contenidos y la estructura en XML para la presentación y secuenciación de la UOL empleando RELOAD. Me resultó:

- a. Muy sencilla
- b. Sencilla (Nada complicada)
- c. Normal
- d. Complicada (Poco Sencilla)
- e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

Recuerde que: La composición es establecer las correspondencias adecuadas entre los contenidos del curso y la estructura en XML para la presentación y secuenciación para estrategia pedagógica que define el curso.

9. En la comprobación del correcto funcionamiento del curso en la práctica. La opción Visualizar de RELOAD me ayudó:

- a. Muy poco
- b. Poco
- c. Algo
- d. Bastante
- e. Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionado con la visualización previa a la evaluación del material

10. En la comprobación del correcto funcionamiento del curso en la práctica PObligatoria. La opción Importar/verificar curso en el SLED me ayudó a verificar la validez del curso:

- a. Muy poco
- b. Poco
- c. Algo
- d. Bastante
- e. Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionado con la visualización previa a la evaluación del material. Comprobar requisitos no relacionados con el estándar: dominio conocimiento, pedagógicos.

11. En la comprobación del correcto funcionamiento del curso en la práctica, para saber si la estructura del curso y su secuenciación era correcta. Importar/verificar curso en el SLED me aportó información:

- a. Muy poco
- b. Poco
- c. Algo
- d. Bastante
- e. Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionada con la visualización la composición del curso previa a su evaluación con el objeto de comprobar si la estructura del curso y su secuenciación es correcta. Conformidad estándar.

12. No disponer de criterios que me permitieran evaluar si el curso desarrollado funcionaba correctamente y cumplía con los requisitos planteados en el enunciado de las prácticas como inicio del proceso de desarrollo. Me supuso que la evaluación del material fuera:

- a. Muy sencilla
- b. Sencilla (Nada complicada)
- c. Normal
- d. Complicada (Poco Sencilla)
- e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

Nota para el procesamiento: Se dispone de criterios en el enunciado pero no se tienen mecanismos para el procesamiento de la valoración de tales criterios.

Herramientas

13. El desarrollo del material con la herramienta de autoría RELOAD me resultó:

- a. Muy sencilla
- b. Sencilla (Nada complicada)
- c. Normal
- d. Complicada (Poco Sencilla)
- e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

14. La creación de las anotaciones semánticas sobre las características del material con la herramienta de autoría RELOAD me resultó:

- a. Muy sencilla
- b. Sencilla (Nada complicada)
- c. Normal
- d. Complicada (Poco Sencilla)
- e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

15. El número de horas que he empleado fuera de clases en el desarrollo del material QTI especificado en la práctica ha sido:

- a. 10 horas
- b. 15 horas
- c. Entre 15 y 20 horas
- d. 20 horas
- e. Más de 20 horas

Nota para el procesamiento: Para el cómputo del número de horas no debe considerar las horas de trabajo en las clases de práctica.

16. El número de horas que he empleado fuera de clases en el desarrollo del material UoL especificado en la práctica ha sido:

- a. 10 horas
- b. 15 horas
- c. Entre 15 y 20 horas
- d. 20 horas
- e. Más de 20 horas

Nota para el procesamiento: Para el cómputo del número de horas no debe considerar las horas de trabajo en las clases de práctica.

Muchas gracias por su colaboración.

A4.1.5 Prueba III: Enunciado de la práctica (P6LD2007-08)

Práctica 6. Diseño de procesos de aprendizaje: IMS Learning Design + Reload

Esta práctica consta de dos actividades a través de las cuales el alumno se familiarizará con el diseño de diseños de procesos de aprendizaje descritos empleando la especificación IMS Learning Design, es decir, el desarrollo de materiales didácticos conformes con dicha especificación, para lo que será necesario hacer uso del editor IMS Learning Design Reload.

Actividad 1

Objetivos: Instalar el editor de IMS Learning Design Reload.

Descripción: El alumno deberá descargar e instalar el editor de IMS Learning Design Reload de la url <http://www.reload.ac.uk/ldeditor.html>.

Método: Esta actividad se realizará de acuerdo con la descripción presentada en grupos de 2 o 3 alumnos. Cada grupo desarrollará la práctica en una máquina del laboratorio (aula 1.0A02).

Resultado: Como resultado de la actividad el alumno dispondrá del editor IMS Learning Design Reload instalado en la máquina.

Fecha de realización: 17 de Abril de 2008.

Fecha de finalización: 17 de Abril de 2008.

Actividad 2

Objetivos:

- Conocer el funcionamiento de la herramienta Reload Editor para el desarrollo de materiales conformes con la especificación IMS Learning Design.

- Poner en práctica los conocimientos adquiridos acerca de la especificación IMS Learning Design mediante la creación de una unidad de aprendizaje de nivel B

Descripción: El alumno deberá crear una unidad de aprendizaje (UoL) llamada CasoPracticoIMSLD que se corresponderá con el diseño de un proceso de aprendizaje en el que se estudia a través de un caso práctico la especificación IMS LD y que se corresponde con la actividad programada para la semana del 3 al 9 de abril: "IMS LD: Caso práctico". La narrativa del curso es la siguiente:

- Título: Caso práctico IMS LD
- Creado por: nombre autores.
- Pedagogía o tipos de aprendizaje: Aprendizaje individual y basado en grupos
- Descripción y contexto: Material educativo publicado en Moodle empleado dentro de la asignatura de EAO y referente al tema de IMS LD.
- Objetivos didácticos: El estudiante se familiarizará con los detalles de la especificación del IMS LD mediante un caso práctico de uso.
- Roles: Estudiante, Profesor
- Actividades colaborativas: Los estudiantes pueden observar las respuestas que otros alumnos dan a las preguntas y compararlas con las propias.
- Flujo de aprendizaje: El estudiante deberá estudiar uno por uno y en orden los distintos pasos del caso práctico de IMS LD correspondiente a la actividad programada para la asignatura de EAO para la semana del 3 al 9 de abril. El paso 4A incluye una pregunta que el alumno deberá responder, de tal forma que una vez introducida su respuesta pueda compararla con las proporcionadas por el resto de los alumnos. El proceso se dará por finalizado una vez el alumno complete el último paso del proceso.

Indicaciones para el desarrollo de la UOL:

Para el desarrollo de la práctica se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Seleccionar los recursos que cumplen con los requisitos expuestos.
Utilice para los contenidos:
 - a. Formularios electrónicos (para escribir las respuestas)
 - b. Documentos electrónicos y ficheros correspondientes a UoLs de ejemplo del tema IMS LD.
 - c. Utilice la plantilla de la estructura de la estrategia colaborativa proporcionada aquí
2. Verificar el correcto funcionamiento de los recursos en los entornos correspondientes.
3. Completar la estructura del curso reflejada en la plantilla del manifiesto `imsmanifest.xml` proporcionada.
4. Realizar las debidas asociaciones entre la estructura y los contenidos obtenidos en el punto 1 y comprobados en el punto 2.

Para los puntos 3 y 4, utilice usar RELOAD

5. Verificar el correcto funcionamiento de la unidad de aprendizaje correspondiente al punto 4. Puede utilizar las herramientas CopperCore o Sled.

Método: Esta actividad se realizará de acuerdo con la descripción presentada en grupos de 2 o 3 alumnos. Cada grupo desarrollará la práctica en una máquina del laboratorio (aula 1.0A02).

Resultado: Como resultado de la actividad el alumno dispondrá de una unidad de aprendizaje de nivel B llamada CasoPracticoIMSLD.

Nota: Esta entrega es de carácter evaluable.

Fecha de realización: 17 de Abril de 2008.

Fecha de finalización: 24 de Abril de 2008.

A4.1.6 Prueba III: Cuestionario de evaluación

Cuestionario sobre el desarrollo de materiales didácticos basados en la especificación IMS LD (P6LD2007-08)

Nombres y Apellidos:

NIU:

Curso

Titulación

Por favor, responda a las siguientes cuestiones sobre la realización de la práctica 6. (P6LD2007-08)

Conocimientos sobre estándares educativos

1. Tener conocimientos muy básicos sobre los elementos de la especificaciones IMS CP, IMS SS, IMS LD me permitió realizar la práctica de forma :
 - a. Muy sencilla
 - b. Sencilla (Nada complicada)
 - c. Normal
 - d. Complicada (Poco Sencilla)
 - e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

Nota para el procesamiento: Estructuras XML y significado de cada uno de los elementos del estándar/especificación

Desarrollo del material. Etapas del proceso.

2. Tener disponibles los contenidos para realizar las versiones que se ajustarán a los requisitos especificados en el enunciado de la práctica (P6) me ayudó a desarrollar los cursos:

- a. Mucho
- b. Un poco
- c. Algo
- d. Casi nada
- e. Nada

Nota para el procesamiento: Sobre la etapa selección de contenidos

3. El proceso de adaptar los contenidos facilitados a los requisitos especificados en el enunciado de la práctica (P6) me resultó:

- a. Muy sencillo
- b. Sencillo
- c. Normal
- d. Complicado
- e. Muy Complicado

Nota para el procesamiento: Sobre la etapa selección de contenidos

4. Saber cuáles contenidos debía utilizar y conocer la estructura del curso con la correspondiente secuenciación me ayudó a realizar el desarrollo:

- a. Muy poco
- b. Poco
- c. Algo
- d. Bastante
- e. Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionado con la etapa de composición. Cómo influye disponer de la estructura XML para una determinada estrategia pedagógica.

5. Disponer de la secuenciación del curso, a través de la plantilla de la estrategia pedagógica, me ayudó a desarrollar el curso con RELOAD:

- a. Muy poco
- b. Poco
- c. Algo
- d. Bastante
- e. Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionado con la etapa de composición. Cómo influye disponer de la estructura XML para una determinada estrategia pedagógica.

6. Realizar la composición del curso con RELOAD empleando los contenidos y la plantilla de la estrategia pedagógica. Me resultó:

- a. Muy sencilla
- b. Sencilla (Nada complicada)

- c. Normal
- d. Complicada (Poco Sencilla)
- e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

Recuerde que: La composición es establecer las correspondencias adecuadas entre los contenidos del curso y la estrategia pedagógica definida según la estructura del curso y su secuenciación.

7. En la comprobación del correcto funcionamiento del curso en la práctica. La opción Visualizar de RELOAD me ayudó:
- a. Mucho
 - b. Un poco
 - c. Algo
 - d. Casi nada
 - e. Nada

Nota para el procesamiento: Relacionada con la visualización previa a la evaluación del material.

8. En la comprobación del correcto funcionamiento del curso en la práctica P6. La opción Importar/verificar curso en el SLED me ayudó a verificar la validez del curso:
- a. Muy poco
 - b. Poco
 - c. Algo
 - d. Casi nada
 - e. Nada

Nota para el procesamiento: Relacionada con la visualización previa a la evaluación del material. Comprobación de requisitos no relacionados con el estándar

9. En la comprobación del correcto funcionamiento del curso en la práctica, para saber si la estructura del curso y su secuenciación era correcta. Importar/verificar curso en el SLED me aportó información:
- a. Muy poco
 - b. Poco
 - c. Algo
 - d. Casi nada
 - e. Nada

Nota para el procesamiento: Relacionada con la visualización la composición del curso previa a su evaluación con el objeto de comprobar si la estructura del curso y la secuenciación es correcta y conforme a la especificación.

10. No disponer de criterios que me permitieran evaluar si el curso desarrollado funcionaba correctamente y cumplía con los requisitos planteados en el enunciado de las prácticas como inicio del proceso de desarrollo. Me supuso que la evaluación del material fuera:

- a. Muy sencilla
- b. Sencilla (Nada complicada)
- c. Normal
- d. Complicada (Poco Sencilla)
- e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

Nota para el procesamiento: Disponer de criterios de evaluación, influencia en la ejecución de una evaluación.

Herramientas

11. El desarrollo de materiales con la herramienta de autoría RELOAD y con la ayuda de los pasos descritos en el enunciado me resultó:

- a. Muy sencilla
- b. Sencilla (Nada complicada)
- c. Normal
- d. Complicada (Poco Sencilla)
- e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

12. El número de horas que he empleado fuera de clases en el desarrollo del material LD especificado en la P6 ha sido:

- a. 10 horas
- b. 15 horas
- c. 20 horas
- d. Más de 20 horas

Recuerde que para computar este tiempo no debe considerar las horas de trabajo en las clases de práctica

Muchas gracias por su colaboración.

A4.1.7 Prueba IV: Enunciado de la práctica (POblig2007-08)

Práctica Obligatoria Junio Curso 2007-08

La práctica final de la asignatura consistirá en la aplicación de los conceptos estudiados durante la parte teórica del curso. El estudiante deberá desarrollar un material educativo siguiendo las especificaciones estudiadas durante las clases de teoría.

Objetivos:

El objetivo es aplicar las especificaciones SCORM, QTI a los contenidos de la asignatura que a continuación se describen, de tal forma que se obtenga un conjunto de materiales didácticos podrán ser empleados en la composición de una unidad de aprendizaje (UoL- IMS LD) correspondiente a un curso.

Descripción de los Materiales:

Temáticas relacionadas con “Técnicas de Desarrollo de Programas”: Debe utilizar todas las traspas de teoría, los enunciados de las prácticas semanales y los exámenes del año anterior disponibles en [la página de la asignatura](#) del sitio del grupo de investigación Laboratorio DEI (dei.inf.uc3m.es)

La asignatura de referencia se empleará como mera fuente de los contenidos que formarán el material. Es importante que el contenido del material quede totalmente desvinculado de la asignatura en la que se imparte y debe desaparecer cualquier mención a la asignatura de donde se han tomado. De esta forma, el material en forma de objetos de aprendizaje o *learning objects* podrá en ser reutilizado cualquier otra asignatura, titulación o en un contexto educativo diferente.

Requisitos:

1. Estructura de la UoL:

La UoL estará organizada en cinco **Actos**:

Acto 1- Comprobación de nivel para cursar la asignatura

Acto 2- Introducción correspondiente a los temas 1 y 2 (Tema 1: UML - Unified Modeling Language y Tema 2: Técnicas básicas de POO).

Acto 3- Desarrollo correspondiente al tema 3: Patrones estructurales.

Acto 4- Desarrollo correspondiente al tema 3: Patrones de creación.

Acto 5- Desarrollo correspondiente al tema 5: Patrones de comportamiento.

El alumno en el Acto 1 encontrará una actividad en la que deberá completar 2 tests para continuar el curso. Estos tests permitirán comprobar que el alumno tiene los conocimientos básicos para acceder al resto del curso. Debe explicarse al estudiante que si obtiene una puntuación superior a 10 puntos al concluir cada test, es decir, 20 puntos al terminar la actividad podrá continuar con el resto de los actos que forman el curso. En caso contrario podrá acceder al curso y se recomendará que repase aquellos conceptos en los que ha fallado en los tests

Actividades: Los actos (2 al 5) estarán compuestos por un conjunto de actividades de tal manera que se desarrollará una actividad por cada:

- Clase de teoría
- Ejercicios de clase de prácticas

Las lecturas adicionales recomendadas durante el curso aparecerán como recursos adicionales asociados a actividades.

La secuenciación entre las actividades se llevará a cabo empleando las propiedades y condiciones del IMS LD.

Roles: Se crearán tres roles distintos que participarán en el proceso educativo:

- Alumno, que deberá completar las actividades anteriormente mencionadas

Se proporciona una plantilla de la estrategia [imsmanifest.xml](#) que contiene la descripción IMS LD de la estructura propuesta.

2. Desarrollo de contenidos:

- Las actividades de cada acto relacionadas con Teoría deberán incluir recursos SCORM, cuyos contenidos serán las transparencias de teoría de cada temática. Estos recursos se desarrollarán siguiendo las instrucciones dadas en las prácticas formativas 4 (SCORM RTE y RELOAD) y 5 (IMS SS y SCORM RTE).
- Las actividades de cada acto relacionadas con Prácticas, deberán presentarse como un conjunto de actividades tal y como se describe en los enunciados de las prácticas que se utilizarán como material de referencia.
- Los test de evaluación se desarrollarán siguiendo la especificación QTI. Para ello se utilizarán las preguntas disponibles en [el fichero tests.zip](#)

Requisitos que los paquetes SCORM deben cumplir:

- No deben mostrarse los botones de navegación del Runtime.
- La navegación debe ser realizada en orden, es decir, el árbol de nodos no debe permitir navegar a aquellos nodos que no han sido visitados previamente. Para ello se deberá utilizar la especificación IMS SS.
- Las páginas HTML deben incluir código que permita la navegación a la siguiente página dentro del paquete.
- Notificar al Learning Management System cuando el curso está incompleto y cuando completo.

Para implementar estas propiedades se puede consultar la sección 5 "SCORM Presentation and Navigation" del SCORM Content Aggregation Model y la sección 4 "SCORM Run-Time Environment Data Model" del SCORM Run-Time Environment.

Además será necesario tener declarados dentro del elemento raíz del fichero manifiesto los siguientes esquemas:

```

xmlns=" http://www.imsglobal.org/xsd/imscp_v1p1"
xmlns:adlcp="http://www.adlnet.org/xsd/adlcp_v1p3"
xmlns:imsss=" http://www.imsglobal.org/xsd/imsss"
xmlns:adlnav="http://www.adlnet.org/xsd/adlnav_v1p3"
xmlns:xsi=" http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.imsglobal.org/xsd/imscp_v1p1 imscp_v1p1.xsd
http://www.adlnet.org/xsd/adlcp_v1p3 adlcp_v1p3.xsd
http://www.imsglobal.org/xsd/imsss imsss_v1p0.xsd
http://www.adlnet.org/xsd/adlnav_v1p3 adlnav_v1p3.xsd"

```

Requisitos que deben cumplir los test:

- Número de preguntas del test de acuerdo con los contenidos facilitados.
- El formato de preguntas deberá seguir las instrucciones de la práctica 7.
- Cada pregunta debe tener procesamiento de respuestas y reatro-alimentación como en la práctica 7.

- Cada pregunta tiene un valor de 1 punto
- Hay restricción de tiempo, 60 minutos para cada test.

3. Desarrollo de metadatos

Tanto los recursos SCORM, QTI como la UoL deberán estar anotados empleando el estándar LOM. Deberá utilizarse al menos los siguientes descriptores:

- Título del tema (lom:title)
- Idioma utilizado en el contenido (lom:language)
- Formato del contenido (lom:format)
- Tiempo que se necesita para ejecutar el contenido (lom:duration)
- Tipo de material (lom:learningResourceType)
- Tipo de clasificación y descripción de la clasificación (lom:purpose y lom:description)
- Tipo de interactividad (lom:interactivityType)

Herramientas:

Para el desarrollo del material se deberán seguir los siguientes pasos:

1. Seleccionar los contenidos que cumplen con los requisitos expuestos. Hacer las correspondientes versiones de los contenidos para obtener recursos SCORM y QTI. Para los recursos QTI utilice [aplicación de composición de tests](#) disponible en la siguiente [url](#)
2. Verificar el correcto funcionamiento de los recursos SCORM y QTI en los entornos correspondientes.
3. Completar la estructura del curso reflejada en la plantilla de la estrategia imsmanifest.xml proporcionada.
4. Realizar las debidas asociaciones entre la estructura y los contenidos obtenidos en el punto 1 y comprobados en el punto 2. Para los puntos 3 y 4, utilice [la aplicación de composición de UoLs](#) disponible en la siguiente [url](#).
5. Verificar el correcto funcionamiento de la unidad de aprendizaje correspondiente al punto 3 usando la aplicación mencionada.

Para la autoría o creación se podrá usar para:

- contenidos Web: cualquier editor de contenidos Web
- empaquetado de contenidos: Reload
- contenidos SCORM: Reload + cualquier editor XML
- interacción LO-LMS: cualquier editor javascript
- preguntas y tests QTI: OLAT o [aplicación de composición de tests](#)
- Learning Design: Reload o [la aplicación de composición de UoLs](#)

- Generar anotaciones semánticas: Reload o alguna de las aplicaciones de composición de tests o de UoLs, según el tipo de material.

Para la ejecución (reproducción y pruebas de funcionamiento del material) se podrá usar de forma independiente:

- para Learning Design: CopperCore 2.2.2 o [la aplicación de composición de UoLs](#)
- para contenidos SCORM: SCORM Runtime u OLAT
- para evaluación de QTI: OLAT [aplicación de composición de tests](#)

Entrega

La práctica deberá entregarse el día 3 de Junio. La visualización de la misma se realizará en las horas correspondientes a la clase de prácticas.

Además de la UoL, todos los contenidos generados, la entrega deberá contener un documento en el cual los autores incluyan:

- Una descripción detallada de la estructura de la UoL.
- Una tabla que permita localizar y encontrar la correspondencia entre los diferentes componentes desarrollados para las distintas partes de la arquitectura de visualización y entrega.
- Especificación de las relaciones entre los entornos, actividades y objetivos de aprendizaje.
- Comparativa entre las siguientes herramientas usadas para el desarrollo utilizando el cuestionario de evaluación adjunto.
 - RELOAD y la aplicación de composición de UoLs
 - OLAT QTI editor y aplicación de composición de tests

Criterios de evaluación

En la evaluación de la práctica se tendrán en cuenta los siguientes criterios, ordenados de mayor a menor importancia:

- Cumplimiento o conformidad con las especificaciones de *e-Learning* estudiadas.
- Robustez tecnológica del material desarrollado: Funcionamiento correcto
- Calidad: estructura adecuada y cantidad de los contenidos Web desarrollados

A4.1.8 Prueba IV: Cuestionario de evaluación

Cuestionario sobre el desarrollo de materiales didácticos basados en la especificación IMS LD (POblig2007-08)

Nombres y Apellidos:

NIU:

Curso

Titulación

Por favor, responda a las siguientes cuestiones sobre la realización de la práctica obligatoria. (POblig2007-08)

Conocimientos sobre estándares educativos

1. Haber realizado prácticas anteriores sobre las especificaciones IMS SCORM, IMS CP, IMS SS, IMS LD me permitió conocer y entender mejor los elementos de las especificaciones por lo que pude realizar la práctica obligatoria de forma:
 - a. Muy sencilla
 - b. Sencilla (Nada complicada)
 - c. Normal
 - d. Poco Sencilla (Complicada)
 - e. Muy poco sencilla (Muy complicada)

Nota para el procesamiento: Estructuras XML y significado de cada uno de los elementos del estándar/especificación

Desarrollo del material. Etapas del proceso.

2. Disponer de los contenidos para realizar las versiones que se ajustarán a los requisitos especificados en el enunciado de la práctica (P Obligatoria) me ayudó a desarrollar el curso de forma:
 - a. Muy poco
 - b. Poco
 - c. Algo
 - d. Bastante
 - e. Mucho

Nota para el procesamiento: Sobre la etapa selección de contenidos.

3. El proceso de adaptar los contenidos facilitados a los requisitos especificados en el enunciado de la práctica (P Obligatoria) me resultó:
 - a. Muy sencillo
 - b. Sencillo
 - c. Normal
 - d. Complicado
 - e. Muy Complicado

Nota para el procesamiento: Sobre la etapa selección de contenidos.

4. Saber cuáles contenidos debía utilizar y conocer la estructura del curso con la correspondiente secuenciación me ayudó a realizar el desarrollo:
 - a. Muy poco
 - b. Poco
 - c. Algo
 - d. Bastante

e. Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionado con la etapa de composición. Cómo influye disponer de la estructura XML para una determinada estrategia pedagógica.

5. Disponer de la secuenciación de las actividades del curso, a través de la plantilla de la estrategia pedagógica, me ayudó a desarrollar el curso:
- Muy poco
 - Poco
 - Algo
 - Bastante
 - Mucho

Nota para el procesamiento: Relacionado con la etapa de composición. Cómo influye disponer de la estructura XML para una determinada estrategia pedagógica.

6. Realizar la composición del curso empleando los contenidos y la plantilla de la estrategia pedagógica. Me resultó:
- Muy sencilla
 - Sencilla (Nada complicada)
 - Normal
 - Complicada (Poco Sencilla)
 - Muy complicada (Muy poco sencilla)

Recuerde que: La composición es establecer las correspondencias adecuadas entre los contenidos del curso y la estructura de las actividades del curso y su secuenciación, definida según la estrategia pedagógica.

7. En la comprobación del correcto funcionamiento del curso en la práctica. La opción Visualizar de la aplicación de composición de UoL (UoLcomposer) me ayudó:
- Muy poco
 - Poco
 - Algo
 - Bastante
 - Mucho

Recuerde: Se requiere controlar el correcto funcionamiento y la conformidad con la especificación.

Nota para el procesamiento: Relacionada con la visualización previa a la evaluación del material.

8. En la comprobación del correcto funcionamiento de los test de la práctica. La opción Visualizar de la aplicación de composición de test (QTlcomposer) me ayudó a verificar la validez del curso:
- Muy poco
 - Poco
 - Algo

- d. Bastante
- e. Mucho

Recuerde: Se requiere controlar el correcto funcionamiento y la conformidad con la especificación.

Nota para el procesamiento: Relacionada con la visualización previa a la evaluación del material.

9. No disponer de criterios que me permitieran evaluar si el curso desarrollado funcionaba correctamente y cumplía con los requisitos planteados en el enunciado de las prácticas como inicio del proceso de desarrollo. Me supuso que la evaluación del material fuera:
- a. Muy sencilla
 - b. Sencilla (Nada complicada)
 - c. Normal
 - d. Complicada (Poco Sencilla)
 - e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

Nota para el procesamiento: Relacionada con la evaluación para comprobar si la utilidad pedagógica y la usabilidad de la interfaz son adecuadas para ofrecer un soporte efectivo al proceso educativo.

10. El desarrollo de materiales con la herramienta composición de UoL (UoLcomposer) me resultó:
- a. Muy sencilla
 - b. Sencilla (Nada complicada)
 - c. Normal
 - d. Complicada (Poco Sencilla)
 - e. Muy complicada (Muy poco sencilla)

11. El desarrollo de materiales con la herramienta composición de test (QTIComposer) me resultó:
- a. Muy sencilla
 - b. Sencilla (Nada complicada)
 - c. Normal
 - d. Poco Sencilla (Complicada)
 - e. Muy poco sencilla (Muy complicada)

12. La creación de las anotaciones semánticas sobre las características del material con las herramientas de composición me resultó:
- a. Muy sencilla
 - b. Sencilla (Nada complicada)
 - c. Normal
 - d. Poco Sencilla (Complicada)
 - e. Muy poco sencilla (Muy complicada)

13. El número de horas que he empleado fuera de clases en el desarrollo del material QTI especificado en la Pobligatoria ha sido:
- 10 horas
 - 15 horas
 - Entre 15 y 20 horas
 - 20 horas
 - Más de 20 horas
14. El número de horas que he empleado fuera de clases en el desarrollo del material IMS LD especificado en la Pobligatoria ha sido:
- 10 horas
 - 15 horas
 - Entre 15 y 20 horas
 - 20 horas
 - Más de 20 horas

Muchas gracias por su colaboración.

A4.2 Evaluación de expertos

A4.2.1 Cuestionario de evaluación

Este cuestionario se encuentra disponible en la siguiente url:

<http://md2.dei.inf.uc3m.es:8080/CuestionarioExpertos>

Por favor, responda a las siguientes cuestiones sobre la solución presentada en el documento adjunto (Resumen de los capítulos 4, 5, 6) y si cree oportuno realizar algún comentario sobre la evaluación de cada aspecto, utilice el apartado de comentarios.

Recuerde que la puntuación se corresponde con la siguiente escala Nada-1, Mucho/Muy- 5

Datos personales del evaluador

Nombres y Apellidos:	
Área de interés:	
	Educación
	Ingeniería de Software
	Entornos de aprendizaje e-Learning
	Otras
Categoría de especialización:	
	Experto en tecnología educativa
	Diseñador de materiales didácticos

	Autor de materiales didácticos
	Experto en Ingeniería de Software
	Pedagogo
	Profesor
	Otras

Conocimientos sobre estándares educativos

1. Conocer y entender los elementos de las especificaciones IMS LD, IMS CP , IMS QTI y IMS LOM me permitió apreciar la solución propuesta (meta-modelo, método, arquitectura) como:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Comprensible					
	Apropiada					
Comentarios						

Sobre el meta-modelo propuesto

2. Conocer y entender los elementos de las especificaciones IMS LD, IMS CP , IMS QTI y IMS LOM me permitió apreciar el modelo como:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Comprensible					
	Apropiado					
Comentarios						

3. La utilización de lógica de descripciones y diagramas UML para definir los elementos del meta-modelo me pareció:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Útil					
	Consistente					
	Apropiado					
Comentarios						

4. El meta-modelo definido para describir los materiales le pareció:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Claro					
	Consistente					
	Útil					
	Original					
	General					
Comentarios						

5. La utilización de los diferentes elementos del modelo para solucionar las diferentes etapas del desarrollo le pareció:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Necesaria					
	Original					
	Útil					
	Sencilla					
Comentarios						

6. La descripción en el meta-modelo de los componentes fundamentales del material: contenidos y estrategia pedagógica le pareció:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Clara					
	Expresiva					
	Completa					
	Consistente					
	Reutilizable					
	Útil					
Comentarios						

7. Considera que la agrupación de los elementos en las diferentes vistas que componen el meta-modelo es:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Comprensible					
	Apropiada					
	Útil					
	Original					
	General					
Comentarios						

8. El modelo propuesto como base de información para el método que guía al proceso de desarrollo le parece:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Útil					
	Necesario					
	Realizable					
	Original					
Comentarios						

9. Considera que la vista DC al proporcionar información pedagógica de carácter general sobre el dominio de conocimiento, para poder seleccionar los contenidos y la estrategia pedagógica es:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Útil					
	Necesaria					
	Apropiada					
	Original					
Comentarios						

10. Considera que la vista P al facilitar información pedagógica sobre una situación instructiva específica es:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Útil					
	Necesaria					
	Apropiada					
	Original					
Comentarios						

11. Considera que la vista S como contenedora de las relaciones entre las descripciones generales del material y las descripciones de carácter más técnico de los estándares es:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Útil					
	Necesaria					
	Original					
	Comprensible					
	Apropiada					
	Clara					
Comentarios						

12. Considera que los elementos de la vista C-U como fuente de información para dar soporte a la etapa de evaluación son:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Útil					
	Necesaria					
	Clara					
	Expresiva					
	General					
	Apropiada					
Comentarios						

Sobre el método de desarrollo propuesto

13. Considera que los algoritmos definidos en el paso de Selección de recursos para dar soporte a la elección de los contenidos y estrategia pedagógica son:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Consistente					
	Útil					
	Apropiada					
	Necesario					
Comentarios						

14. Considera que la concepción de la etapa de composición como la integración de los contenidos y la estrategia pedagógica con la estructura de presentación y entrega y la visualización del producto de la integración es:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Apropiada					
	Útil					
	Sencilla					
	Flexible					
	Necesaria					
	Reutilizable					
Comentarios						

15. Considera que la decisión de que el método proporcione el paso Evaluación como soporte a la etapa de evaluación dentro del desarrollo es:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Apropiada					
	Útil					
	Flexible					
	Necesaria					
	Reutilizable					
Comentarios						

16. Considera que la información proporcionada por la vista S del meta-modelo para que poder ofrecer un mecanismo para la generación automática de anotaciones semánticas es:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Apropiada					
	Útil					
	Flexible					
	Necesaria					
Comentarios						

17. Considera que el paso proporcionado por el método de desarrollo para la generación automática de anotaciones semánticas y transparente para el desarrollador es:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Apropiada					
	Útil					
	Flexible					
	Necesario					
	Realizable					
Comentarios						

18. Los diferentes mecanismos propuestos por el método para dar soporte al desarrollo, los encuentro:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Útiles					
	Necesarios					
	Prácticos					
	Flexibles					
	Realizable					
Comentarios						

Sobre la arquitectura propuesta

19. La arquitectura diseñada en la solución para una herramienta de autoría es:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy
	Flexible					
	Extensible					
	Realizable					
Comentarios						

20. Los diferentes módulos definidos en la arquitectura propuesta en la solución son:

		Nada	Poco	Indiferente	Bastante	Muy

	Flexibles					
	Necesarios					
	Útiles					
	Extensibles					
	Realizables					
Comentarios						

21. Señale cuáles son las principales deficiencias que ha encontrado el modelo.

Comentarios:	
--------------	--

22. Señale las principales ventajas que la utilización de esta solución supondría en su área de interés:

Comentarios:	
--------------	--

23. ¿Estaría dispuesto a utilizar un sistema como el propuesto por la solución?

Si:	No:
Comentarios:	

Muchas gracias por su colaboración.

Bibliografía

1. ACM- Computing Curricula 2001-Computer Science Volume (CC2001 Report). Chapter 5. Overview of the CS Body of Knowledge, Programming Fundamentals. Disponible en <http://www.sigcse.org/cc2001/cs-overview-bok.html>
2. ACM-Computing Curricula 2005 Chapter 5. Overview of the CS Body of Knowledge, Programming Fundamentals. Disponible en http://www.acm.org/education/curric_vols/IT_October_2005.pdf y <http://computingcareers.acm.org/>
3. Aedo, I. and Díaz, P. (2001) Evaluation criteria for hypermedia educational systems. "Computers and Education: Towards an Interconnected Society". Ortega, M. and Bravo, J. (Eds.). Kluwer Academic Publishers. 45-60. 2001.
4. Aedo, I., Catenazzi, N. and Díaz, P. (1996). The evaluation of a Hypermedia Learning Environment: The CESAR experience. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5(1), 49-72. 1996.
5. Aedo, I., Díaz, P., Fernández, C., Muñoz, G. and Berlanga, A. (2000) Assessing the utility of an interactive electronic book for learning the Pascal programming language. *IEEE Transactions on Education*, 2000
6. Advanced Distributed Learning Initiative. Available at <http://www.adlnet.org/>
7. Aloha project website Retrieved December 16, 2005 from <http://aloha2.netera.ca/>
8. Anglin, G. (Ed.). (1991). *Instructional technology: Past, present and future*. Englewood, Colorado: Libraries Unlimited
9. Aroyo, L., & Dicheva, D. (2004). The New Challenges for E-learning: The Educational Semantic Web. *Educational Technology & Society*, 7 (4), 59-69.
10. Baader, F.; Calvanese, D., McGuinness, D. Nardi, D and Patel-Schneider, P. (2003). *The Description Logics Handbook: Theory, Implementation and Applications*. University Press Cambridge.
11. Bailey, J. E., & Pearson, S. W. (1983). Development of a tool for measuring and analyzing computer user satisfaction. *Management Science*, 29(5), 519-529.
12. Baron, L., Tague-Sutcliffe, J. And Kinnucan, M. T. (1996). "Labelled, Typed Links as cue when Reading Hypertext documents"; *Journal of American Association for Information Science*, 47(12), 896-908, 1996.
13. Barrows H. (1985) "How to Design a Problem-based Curriculum for Pre-clinical Years". Springer, New York, 1985.
14. Bhattacharjee, A. (2001). Understanding information systems continuance: An expectation-confirmation model. *MIS Quarterly*, 25(3), 351-370.
15. Berners-Lee, T. Hendler, J. Lassila. O. (2001) *The semantic web*. *Scientific American*, May 2001
16. Bloom B. (1975) *Taxonomy of Educational Objectives: the classification of educational goals*. New York. D. McKay
17. Botafogo, R.A., Rivlin, E. and Shneiderman, B. *Structural Analysis of Hypertexts: Identifying Hierarchies and Useful Metrics*. *ACM Transactions on Information Systems*, 10(2), 1992, 142-180.
18. Borgida A and Brachman, R.J (2003). *Conceptual modeling with Description Logics in The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Applications*. Baader, Calvanese, McGuinness, Nardi and Patel-Schneider, P eds Cambridge University Press, pp 351.
19. Breuker J. and Van de Velde, W. (1994) *CommonKads Library for Expertise Modelling*. IOS Press, Amsterdam, 360 pages
20. Burgos, D. and Griffiths, D (2006) *E-learning specifications: An introduction*. En el portal [Elearningeuropa.info](http://www.elearningeuropa.info), iniciativa de la Comisión Europea como parte del Programa eLearning, gestionado por la Unidad Multimedia de la Dirección General de Educación y Cultura. Disponible en http://www.elearningeuropa.info/index.php?page=doc&doc_id=7171&doclng=6&menuzone=1&mtopic=9
21. Campbell, L.M. (2003) *Engaging with the learning economy in. Reusing Online Resources: A sustainable approach to e-learning*. Editor Littlejohn A. Kogan Page London/ Kogan Page US, 2003. pp 43
22. Catenazzi, N., Aedo, I., Díaz, P. and Sommaruga, L. (1997) The evaluation of electronic books: Guidelines from two practical experiences. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*. 6(1), 1997. 91-114.
23. Chao-Min C., Meng-Hsiang, H., Szu-Yuan, S., Tung-Ching, L., Pei-Chen, S. (2005) Usability, quality, value and e-learning continuance decisions. *Computers & Education Journal* 45, pp.399-416. Retrieved November 2005 from <http://www.sciencedirect.com/>
24. Churchill, G. A., & Surprenant, C. (1982). An investigation into the determinants of consumer satisfaction. *Journal of Marketing Research*, 19, 491-504.
25. CopperAuthor project website. Retrieved February 3, 2006 from <http://www.copperauthor.org/>
26. Cooper J. "Cooperative Learning and College Teaching Newsletter", Dominguez Hills, California State University, 6(2), 1996
27. Czarnecki, K., and Eisenecker, U. *Generative Programming*, Addison-Wesley, 2000.
28. Daconta, M., Obrst, L., Smith, K. (2003). *The Semantic Web. A Guide to the Future of XML, Web Services, and Knowledge Management*. Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.
29. *Designing e-Learning in the Australian Flexible Learning Framework*. Disponible en http://designing.flexiblelearning.net.au/learning_design/design_approaches.htm

30. Devinder, S., Zaitun, A. B. (2007) Wireless implementation of a mobile learning environment based on students' expectations en *International Journal of Mobile Learning and Organizations (IJMLO)* 2007 - Vol. 1, No.2 pp. 198 - 215
31. Díaz, P. (2003): Usability of hypermedia educational e-books. *D-Lib Magazine*. 9(3). Disponible en <http://www.dlib.org/dlib/march03/diaz/03diaz.html>
32. Díaz, P., Sicilia, M.A. and Aedo, I. (2002): "Evaluation of hypermedia educational systems: Criteria and imperfect measures". *International Conference on Computers in Education (ICCE 2002)*. Auckland (Nueva Zelanda). December. IEEE Press. pp 621-626.
33. Dick, W., Carey, L. & Carey, J. O. (2001). *The systematic design of instruction*, 5th Ed. New York: Longman. Disponible en http://www.umich.edu/~ed626/Dick_Carey/dc.html
34. Dick, W. & Carey, L. (1990), *The Systematic Design of Instruction*, Third Edition, Harper Collins. Extraído de http://www.umich.edu/~ed626/Dick_Carey/dc.html.
35. Dijkstra, S. and Merriënboer, J.G. (1997), *Plans and Procedures for ID en Instructional Design International Perspectives. Solving Instructional Design Problems Vol 2*, pp 29. S. Dijkstra, N. M. Seel, F. Schott and R. D. Tennyson (Ed). Lawrence Erlbaum Associates Publisher.
36. Domingo, J. "Programa de Acció en Aprendizaje Cooperativo". Institut de Ciències de la Educació. Universitat Politècnica de Catalunya.
37. Dublin Core Metadata Initiative (DCMI) Disponible en <http://dublincore.org/documents/dcmi-terms/>
38. Duval, E. & Hodgins, W. (2006). Standardized uniqueness: Oxymoron or vision for the future? *Computer*, 39(3), 96-98.
39. Ehrig, H. Ehrig, K; Prange, U; Taentzer, G. (2006) *Fundamentals of Algebraic Graph Transformation*, Monographs in Theoretical Computer Science, Springer, 2006.
40. Erskine, J. A, Leenders, M. R. and Mauffette Leenders, L. A. *Teaching With Cases*, Richard Ivey School of Business, Ontario, Canada, 1998.
41. Farrell, R., Liburd, S.D., Thomas, J. (2004) "Dynamic Assembly of Learning Objects" in PGL Workshop On E-learning Objects and Systems. 2004. Disponible en http://pgl.ufl.edu/events/pgl2/Farrell/dynamic_assembly_pres.pdf
42. Fensel, D. (2003) *Ontologies: A silver bullet for knowledge management and electronic commerce*, 2nd edition Springer, 2003.
43. Fosnot, T. C. *Constructivism: Theory, Perspectives, and Practice*, Teachers College Press, New York, 1996.
44. García, E., Sicilia, M. A., Hilera, J.R., Gutiérrez, J.A. (2001) Computer-aided Usability Evaluation: A Questionnaire Case Study. *Advances in Human Computer Interaction I*, pp. 85-91. Disponible en http://www.cc.uah.es/msicilia/papers/Garcia_PCHCI_01.pdf
45. Garzotto, F., Mainetti, L. and Paolini, P. (1995) *Hypermedia Design, Analysis and Evaluation Issues*. *Communications of the ACM*, 38(8), 1995. 74-86.
46. von Glaserfeld, E. (1996) *Radical Constructivism*. Ed. RoutledgeFalmer, 1996.
47. Haarslev, V. and Möller R.(2003) *Racer: An OWL Reasoning Agent for the Semantic Web* <http://www.sts.tu-harburg.de/~r.f.moeller/racer/papers/2003/HaMo03d.pdf>
48. Herrera, F., Herrera-Viedma, E., Verdegay, J. L. (1995) *Aggregating Linguistic Preferences: Properties of LOWA Operator*. In *Proc. 5th IFSA World Congress 1995*, Sao Paulo, pp. 153-156.
49. Herrera F., Herrera-Viedma, E. (1997). *On the linguistic OWA operator and extensions. The ordered weighted averaging operators: Theory, Methodology, and Applications*. R. R. Yager and J. Kacprzyk eds., Kluwer Academic Publishers, 1997
50. Hummel, H., Manderveld, J., Tattersall, C. and Koper, R. (2004) *Educational modelling language and learning design: new opportunities for instructional reusability and personalized learning*, *Int. J. Learning Technology*, Vol. 1, No. 1, pp.111-126, 2004.
51. Hutchings, G. A., Briggs, J., Hammond, N.V, Kibby, M.R., Mc Knight, C. and Ridley, D. 1992. "Authoring and evaluation of hypermedia for education". *Computers& Education*, 18(1-3). 171-177.
52. IEEE-LTSC (2002). *IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC)*, Disponible en <http://ieeeltsc.org/>
53. IEEE LTSC. *Learning Object definition*. Technical report, LTSC Learning Technology Standards Committee of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), October, 2005
54. IEEE-LOM (2002) *IEEE Standard for Learning Object Metadata Final Draft* http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOMChangesSummary_2.pdf
55. IMS-GLC. *IMS Global Learning Consortium, Inc.* <http://www.imsproject.org/aboutims.cfm>
56. IMS-CPIM. *IMS Content Packaging Information Model. Version 1.1.2 final specification*, 2001. Disponible en http://www.imsproject.org/content/packaging/cpv1p1p2/imscp_infov1p1p2.html
57. IMS-LD. *IMS Learning Design. Version 1.0 - final specification*. Recuperado en Abril, 2005 de <http://www.imsglobal.org/learningdesign/index.html>
58. IMS-LD-Best-Practice. *IMS Learning Design Best Practice and Implementation Guide* http://www.imsglobal.org/learningdesign/ldv1p0/imsl_bestv1p0.html#1507607
59. IMS-LD. *IMS Learning Design. Version 1.0 - final specification. XML binding*. Recuperado en Abril, 2005 de <http://www.imsglobal.org/learningdesign/index.html>

60. IMS-LIPS. Learner Information Package Specification. Version 1.1-final specification, 2001. Disponible en <http://www.imsglobal.org/profiles/lipinfo01.html>
61. IMS Meta-data Best Practice Guide for IEEE 1484.12.1-2002 Standard for Learning Object Metadata Version 1. Disponible en http://www.imsglobal.org/metadata/mdv1p3pd/imsmd_bestv1p3pd.html
62. IMS Question and Test Interoperability: Information Model. Recuperado en Abril, 2005 de <http://www.imsglobal.org/question/index.html>
63. IMS SS (2003) IMS Simple Sequencing Specification. Disponible en <http://www.imsglobal.org/simplesequencing/index.html>
64. ISO 9241-11. Ergonomics requirements for office with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability. Geneva: International Organization for Standardization (ISO). 1998.
65. Ivory, M.Y. (2000) Web TANGO: Towards Automated Comparison of Information-centric Web Site Designs. In Proc. of ACM Conference on Human Factors in Computing Systems CHI'00. April, 2000, The Hague Netherlands
66. Jochems, W., van Merriënboer, J., Koper, R. (Eds) Integrated e-Learning: implications for pedagogy, technology and organization. Routledge Falmer, London, 2004.
67. Kemp, J.E., Morrison, G.R., & Ross, S.M. (1996). Designing Effective Instruction, 2nd Edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
68. Kirakowski, J (2000) Questionnaires in Usability Engineering: A List of Frequently Asked Question. Human Factors Research Group, Cork, Ireland. Disponible en <http://www.ucc.ie/hfrg/resources/qfaq1.html>
69. Koper (2001) Modeling units of study from a pedagogical perspective: the pedagogical meta-model behind EML. Disponible en <http://eml.ou.nl/introduction/docs/ped-metamodel.pdf>
70. LCC -The Library of Congress Cataloging. Disponible en <http://www.loc.gov/catdir/>
71. LCMS definition from Learning Circuits Glossary. Available at <http://www.learningcircuits.org/glossary.html>
72. Leidig, T. (2001) L3—towards an open learning environment, Journal on Educational Resources in Computing (JERIC) Volume 1, Issue 1es (March 2001), 7 Retrieved in July 2005 from <http://doi.acm.org/10.1145/376697.376702>
73. Littlejohn, A. (2003) Issues in reusing online resources in Reusing Online Resources: A sustainable approach to e-learning. Editor Littlejohn A. Kogan Page London/ Kogan Page US, 2003.
74. Mayhew, D. J. (1992) Principles and guidelines in software user interface design. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1992
75. Martín, M. El Modelo Educativo del Tecnológico de Monterrey. Primera Edición. Tec de Monterrey Eds. Monterrey, México. 2002.
76. Marsh, E. J. Kumar, D.D. (1992). "Hypermedia: a conceptual framework for science education and review of recent findings." Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, 1. 25-37, 1992.
77. McClelland, M. (2003). Metadata standards for educational resources. Compute, 36(11), 107-109.
78. McGuinness, D; Patel-Schneider, P. F; Alperin Resnick, L; Isbel, C; Parker, M, and Welty C.(1998) A Description Logic based configurator for the web. SIGART Bulletin. 9(2) pp 20-22, 1998
79. McGuinness, D. and Wright, J. R. (1998) Conceptual modelling for configuration: A Description Logic-based approach. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis, and Manufacturing. Special Issue on Configuration. Vol 12, pp 333-334, 1998
80. McKinney, V., Yoon, K., & Zahedi, F. M. (2002). The measurement of Web-customer satisfaction: An expectation and disconfirmation approach. Information Systems Research, 13(3), 296-315.
81. Melis, E. et al. (2003) Lessons for (Pedagogic) Usability Design of eLearning Systems. In Proceedings of the World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education (eLearn-2003), 2003. Disponible en <http://www.ags.uni-sb.de/~melis/Pub/elearn03Usability.pdf>
82. Mendes, M. E. X., Harrison, R. and Hall, W. (1998) Applying Metrics to the Evaluation of Educational Hypermedia Applications. Journal of Universal Computer Science, April 1998.
83. Mizoguchi, R., Sinita, K. E Ikeda, M (1996) Task Ontology Design for Intelligent Educational/Training Systems. Workshop on Architectures for Designing Cost-Effective and Reusable ITSs, pp 1-21. Montreal, Canada.
84. Molenda, Michael, Pershing, James A., and Reigeluth, Charles M. 1996. Designing Instructional Systems. In Robert L. Craig (Ed.), The ASTD Training and Development Handbook 4th ed. (pp. 266-293). New York: McGraw-Hill.
85. Morrison G.R, Ross S.M, Kemp S.E. (2004) Designing Effective Instruction. Wiley, Jossey Bass, Hoboken, NJ. 2004
86. Murray T. (1996) "Special Purpose Ontologies and the Representation of Pedagogical Knowledge". International Conference for the Learning Sciences (ICLS-96). Evaston, Illinois (USA), pp. 235-242.
87. Murray T. (2003) Principles for Knowledge based Tutor Authoring Systems in Authoring tools for Advanced Technology Learning environments: Towards cost-effective adaptive, interactive and intelligent educational software. T. Murray, S. Blessing and S. Ainsworth (Eds) pp 439-467. Kluwer Academic Publishers, 2003.
88. Nielsen, J. (2002) Designing Web Usability: The Practice of Simplicity, 3rd Edition New Riders Publishing, Indianapolis, 2002

89. OLAT web-based Open Source Learning Management System (LMS) project website. Recuperado en Febrero, 2006 de <http://www.olat.org/public/index.html>
90. Oliver, R. L. (1980). A cognitive model for the antecedents and consequences of satisfaction. *Journal of Marketing Research*, 17, 460-469.
91. Olivier, B. and Liber, O. (2003) Learning content interoperability standards in Reusing Online Resources: A sustainable approach to e-learning. Editor LittleJonh A. Kogan Page London/ Kogan Page US, 2003. pp 143.
92. Olson, J. C., & Dover, A. P. (1979). Disconfirmation of consumer expectations through product trial. *Journal of Applied Psychology*, 62(2), 179-189.
93. Padrón, C. L., Torres, J., Doderó, J. M., Díaz, P., Aedo, I. (2004) "Learning Web Services Composition and Learner Communities Support for the Deployment of Complex Learning Processes" In proceedings of the 4th Int. Conf. on Advanced Learning Technologies (ICALT), Joensuu, Finland, August 2004
94. Padrón, C. L., Doderó, J.M., Aedo, I. and Díaz, P. (2005) "The collaborative development of didactic materials" in *Computer Science and Information Systems Journal* Volume 02, Issue 02 (December), 2005
95. Padrón C.L. (2006) MD2 method: the Didactic Material Creation from a Model Perspective. In Proceedings of PhD Consortium of the EC-TEL06 Conference, Crete, Greece, October 2006. Disponible en <http://www.prolearn-academy.org/Academy%20Events/ectel/cd-proceedings>
96. Padrón, C. L., Díaz, P. and Aedo, I. (2006) MD2 Method: The Didactic Materials Creation from a Model Based Perspective in Innovative Approaches for Learning and Knowledge Sharing. Proceedings of First European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2006, Crete, Greece, October 1-4, 2006. W. Nejdl and K. Tochtermann (Eds.). LNCS 4227, pp. 366 -382, 2006.
97. Padrón, C. L., Díaz, P.; Aedo, I. (2007) "Towards an effective evaluation framework for IMS LD based didactic materials: Criteria and Measures". Proceedings of HCI2007, Volume 4, LNCS_4553, ISBN: 978-3-540-73109-2, Beijing, China. July 22-27, 2007.
98. Padrón, C. L., Díaz, P., Aedo, I. (2007) "The role of evaluation in an effective development of didactic materials: The MD2 approach". ICALT07, Niigata, Japan. July 18-20, 2007.
99. Padrón, C. L., Zarraonandía, T., Díaz, P.; Aedo, I. (2008) "The evaluation within the development and deployment of IMS LD-based didactic materials: The MD2 + runtime adaptation approach". Workshop "Crafting didactic materials based on IMS LD: from Requirements to Evaluation" at ICALT08, Cantabria, Spain. July 1-5, 2008.
100. Padrón, C. L., Díaz, P., Aedo, I. (2008) "The automatic generation of semantic annotations for didactic materials and the use of models in the material development to improve its reusability". ICALT08, Cantabria, Spain. July 1-5, 2008.
101. Padrón, C. L.; Díaz, P., Aedo, I. (2009) "Automatic generation of semantic annotations to improve reusability of didactic materials" in *Educational Technology & Society journal*. ISSN 1176-364. Vol. 12(3) 2009. (JCR impact factor of 0.475) (accepted)
102. Padrón Nápoles V. M., Ugarte, M., Alanbari, M. and Gachet, D. (2006) Estudio de las metodologías activas y experiencias de su introducción en las asignaturas de Sistemas Digitales. Editorial Grafema, Barcelona, España. 2006
103. Pahl Cl. and Holohan E. (2009) Applications of Semantic Web Technology to Support Learning Content Development in *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects* Volume 5, 2009
104. Paquette, G. (2003). Educational Modeling Languages, From an Instructional Engineering Perspective Disponible en <http://www.liceftel.uqubec.ca/gp/fr/publications/documents/ArticleEML-MISA.doc>
105. Polsani, P. (2003). "Use and abuse of reusable learning objects." *Journal of Digital Information*, Volume 3, Issue 4. Recuperado en Enero, 2006 de <http://jodi.ecs.soton.ac.uk/Articles/v03/i04/Polsani/>
106. Reigeluth C.M. (1999) *Instructional Design Theories and Models Volume II: A new paradigm of Instructional Theory*. Earlbaum, Hillsdale, NJ.
107. RELOAD Reusable E-Learning Object Authoring and Delivery project. Disponible en <http://www.reload.ac.uk/>
108. Rodríguez-Artacho, M., Verdejo Maillo, M. F. (2004). Modeling Educational Content: The Cognitive Approach of the PALO Language. *Journal of Educational Technology & Society*, Volume 7, Issue 3, 124-137
109. Rosson, M. B. and Carroll, J. M. (2002) *Usability engineering*. Morgan Kaufmann Publisher, 2002
110. R. Sierra. Tesis doctorales y trabajos de investigación científica. Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A., 1986
111. SCORM. Sharable Content Object Reference Model (SCORM) 2004. Disponible en <http://www.adlnet.gov/scorm/20043ED.cfm>
112. Scheiber G., Wielinga B., Breuker, J. (1993) KADS- A principled approach to Knowledge-based system development. San Diego, Academic Press, 457 pages, 1993.
113. Schmidt-Schaus, M. and Smolka, G. (1991) Attributive concept descriptions with complements. *Artificial Intelligence*, 48(1):1-26, 1991

114. Shepherd, C. (2000) Objects of interest. Recuperado en Enero, 2002 de TACTIX Website <http://www.fastrakconsulting.co.uk/tactix/features/objects/objects.htm>
115. Sicilia, M .A. (2004) Reusability and reuse of learning objects: myths, realities and possibilities. IN SPDECE 2004 Design, Evaluation and Description of Reusable Learning Contents <http://ftp.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-117/paper38.pdf>
116. Sloep, P. Hummel, H. and Manderveld, J. (2005) Basic Design Procedures for E-Learning Courses in Learning Design: A Handbook on Modelling and Delivering Networked Education and Training. pp 139, Rob Koper and Colin Tattersall (Eds). Springer, 2005.
117. Smets, P. (1999) Imperfect Information: Imprecision-Uncertainty en Uncertainty Management in Information Systems: from Needs to Solutions. Amuhai Motro and Phillip Smets (Eds). Kluwer Academics Publisher, 1999.
118. Smith, P. & Ragan, T. (1993). Instructional design. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, Inc
119. Spreng, R. A., MacKenzie, S. B., & Olshavsky, R. W. (1996). A re-examination of the determinants of consumer satisfaction. *Journal of Marketing*, 60, 15-32.
120. Tagushi. *Methods: A hands-on approach to quality engineering*. Addison-Wisley, 1998
121. Teege, G. (2003) Targeteam: TArgeted Reuse and GEneration of TEAching Materials. Recuperado en 2006 de <http://www11.in.tum.de/forschung/projekte/targeteam/>
122. Thomas J. "A review of research on project-based learning", Autodesk Inc., 2000.
123. Thorpe, M., Kubiak, C. and Thorpe, K. (2003). Designing for reuse and versioning in Reusing Online Resources: A sustainable approach to e-learning. LitleJonh A, editor. Kogan Page London/ Kogan Page US, pp 113, 2003
124. Trochim, William M. (2006) Evaluation definition in The Research Methods Knowledge Base, 2nd Edition. Atomic Dog <http://www.socialresearchmethods.net/kb/>
125. Yamada, S., Hong, J. and Sugita, S. (1995) Development and Evaluation of Hypermedia for Museum Education: Validation of Metrics. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 2(4), 1995. 284-307.
126. Wright, J. R; Weixelbaum, E. S; Vesonder, G. T; Brown, K. E; Palmer, S. R; Berman, J. I. and Moore, H. H. (1993). A knowledge-based configurator that supports sales, engineering, and manufacturing at AT&T network systems. *AI Magazine*, 14(3) pp 69-80, 1993
127. Vygotsky, L. *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978
128. Wiley, D. A. (2002) "Connecting Learning Objects to Instructional Design Theory: A Definition, a Metaphor, and a Taxonomy", in D. A. Wiley (ed.), *The Instructional Use of Learning Objects*, Agency for Instructional Technology and Association for Educational Communications and Technology, pp. 3-23, 2002.
129. Wiley, D. A. (2002). Learning objects - a definition. En A. Kovalchick, and K. Dawson (Eds.), *Educational Technology: An Encyclopedia*. Santa Barbara: ABC-CLIO. Disponible en <http://opencontent.org/docs/encyc.pdf>
130. Wirtz, J., & Bateson, J. E. G. (1999). Consumer satisfaction with services: Integrating the environment perspective in services marketing into the traditional disconfirmation paradigm. *Journal of Business Research*, 44(1), 55-66.
131. W3C, Web Services Architecture, Working Draft. Disponible en <http://www.w3.org/TR/ws-arch>.