

# Un Lenguaje Gráfico para el Modelado de Unidades Didácticas en Ingeniería

Manuel Caeiro Rodríguez, Martín Llamas Nistal, *Senior Member, IEEE*, y Luis Anido Rifón

**Abstract**— This paper introduces a graphical language to support the creation of computational models of educational units: PoEML (*Perspective-oriented EML*). In general, EMLs (*Educational Modelling Languages*) are devoted to support the modelling of educational units. PoEML approaches the modelling of educational units following the *separation-of-concerns* principle. The main idea underlying PoEML is to break down the modelling of educational units into separate parts that can be specified step by step. In correspondence, the model of each part can be represented by a different graphical diagram, involving specific elements and relations. This *separation-of-concerns* approach simplifies the development of models while a high expressiveness is offered. Particularly, it supports the development of engineering educational units. In addition, it also enables to improve the reusability, adaptability and flexibility of the created models.

**Index Terms**—Educational Technology, Engineering Education, Modeling, Graphics

## I. INTRODUCCIÓN

CUANDO un arquitecto tiene que diseñar un nuevo edificio suele empezar con algún boceto sobre las partes y estructura del mismo. Después irá refinando y elaborando este primer boceto en un modelo que representará de forma gráfica el diseño. Este modelo gráfico debe ser entendible por el cliente de forma que pueda discutir con el arquitecto sobre las características de su propuesta hasta llegar a un diseño definitivo. Más adelante, el modelo gráfico deberá ser utilizado por los técnicos de obra durante la construcción del edificio. Como se puede ver la utilización de modelos gráficos es una parte principal del trabajo en arquitectura. Se podría realizar un análisis similar en otros dominios: industria, música, software, etc. En cualquiera de ellos los modelos gráficos son utilizados de tres formas principales: (i) para facilitar el **diseño** de soluciones a problemas; (ii) para permitir la **comunicación** entre las partes interesadas en el problema; y (iii) para guiar el **desarrollo** de la solución.

M. Caeiro Rodríguez está en el Departamento de Ingeniería Telemática, Universidad de Vigo, Vigo E-36310, España (autor de contacto, Tel. : +34-986-813-468; Fax: +34-986-812-116; e-mail: Manuel.Caeiro@det.uvigo.es).

M. Llamas Nistal está en el Departamento de Ingeniería Telemática, Universidad de Vigo, Vigo E-36310, España (e-mail: Martin.Llamas@det.uvigo.es).

L. Anido Rifón está en el Departamento de Ingeniería Telemática, Universidad de Vigo, Vigo E-36310, España (e-mail: Luis.Anido@det.uvigo.es).

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

Esta utilización de modelos gráficos también se está planteando en el dominio educativo [1]. Actualmente, el desarrollo de unidades didácticas (e.g. un curso, un seminario, unas prácticas) es cada vez más complejo y exigente, siendo necesaria la aportación de soluciones de modelado gráfico que permitan el correcto desarrollo de la educación. Esta mayor complejidad en las unidades didácticas, especialmente en la ingeniería, es debida fundamentalmente a:

- La mayor utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs), tanto en el aspecto teórico como en el práctico. Esto es así en la enseñanza en general de cualquier disciplina, pero es mucho más acentuado en la enseñanza de la ingeniería y en particular en aquellas ingenierías con fuerte componente TIC, donde justamente ese conocimiento sobre las TICs hace que sea más directa la utilización de las mismas en la enseñanza/aprendizaje. También en la ingeniería cobra mucha importancia el componente práctico de la enseñanza, permitiendo desarrollar y aplicar en los laboratorios los conceptos explicados en las clases teóricas. Por eso en la ingeniería se requiere el modelado de laboratorios, aspecto que ha sido tratado por varios autores en la literatura técnica, entre los que se puede citar [2] como uno de los más recientes. Podemos resumir este punto en una afirmación ampliamente avalada en [3]: “*En un plazo relativamente breve, el desarrollo tecnológico hará que las TICs formen parte sustancial de los modelos educativos, y por tanto, de los propios procesos de enseñanza y aprendizaje.*”
- La demanda creciente de utilización de nuevas metodologías docentes distintas de la clásica lección magistral (e.g. métodos basados en proyectos, aprendizaje colaborativo, etc.). Esta demanda se acentúa en el contexto de la adaptación al Espacio Europeo de Educación Superior. Es más, en el área de las ingenierías se observa una tendencia creciente al fomento de la participación de los estudiantes mediante el empleo de metodologías activas, estudios de casos y resolución de problemas [3].

Para permitir la consecución de soluciones adecuadas se han realizado propuestas basadas en el modelado. En particular, los Lenguajes de Modelado Educativo (EMLs: *Educational Modeling Languages*) [4] han sido propuestos para permitir el modelado computacional de unidades didácticas, de forma que se faciliten los procesos de diseño,

comunicación y desarrollo de las mismas. Actualmente, existe un estándar de facto de estos lenguajes denominado IMS-LD (*IMS Learning Design*). La finalidad principal de IMS-LD [5] es permitir la creación de modelos de unidades didácticas computacionales, de forma que el desarrollo de unidades didácticas pueda ser controlado y soportando a través de sistemas TICs. Sin embargo, este estándar no plantea la representación gráfica de los modelos.

En este artículo se presenta una herramienta de autoría basada en un nuevo EML para permitir la creación de modelos computacionales y gráficos de unidades didácticas. La característica más peculiar del lenguaje propuesto es su aproximación basada en la “separación-de-asuntos” [6]. Las necesidades de modelado se han dividido en un conjunto de partes, denominadas **perspectivas**, que pueden ser abordadas por separado. Se trata de una aproximación similar a la utilización de distintos planos en el diseño de edificios: planos estructurales del edificio completo, planos de división por cada planta, planos de las instalaciones eléctricas, planos de las instalaciones de agua, etc. Mediante la separación en perspectivas se controla la complejidad del modelado, pues cada perspectiva se centra en un conjunto de problemas concreto. El EML así propuesto se denomina como EML orientado a Perspectivas (PoEML: *Perspective-oriented EML*). La herramienta de autoría que se presenta en el artículo se denomina como JPoEML.

El resto del artículo se organiza como sigue. En primer lugar se introducen los EMLs en general. Después en la sección siguiente se presenta PoEML, prestando especial atención a su separación en perspectivas. En la sección 4 se presenta la herramienta de autoría gráfica JPoEML, centrando la descripción en el soporte de las dependencias entre perspectivas. Para finalizar se incluyen algunas conclusiones.

## II. LENGUAJES DE MODELADO EDUCATIVO

Los EMLs han sido propuestos con el propósito de soportar el modelado de unidades didácticas con independencia de su aproximación pedagógica y de la tecnología utilizada. Para ello estos lenguajes se basan en la caracterización de actividades: el modelo de cualquier unidad didáctica se desarrolla en base a sus actividades. Sobre cada actividad se tienen en cuenta los elementos que participan y la coordinación que debe realizarse entre ellos para que se produzcan determinadas interacciones, con las que se espera que finalmente se consiga aprendizaje. De esta forma, abstrayéndose de la pedagogía y la tecnología y centrándose en las actividades, es posible modelar distintas unidades didácticas permitiendo el desarrollo de distintas aproximaciones pedagógicas y utilizando distintas tecnologías.

Los EMLs se presentan de acuerdo a un meta-modelo formal de elementos y relaciones que determinan su sintaxis y semántica. En el caso concreto de IMS-LD, considerado actualmente como EML estándar, el meta-modelo se organiza entorno a un **esquema básico de Actividad** en el que están

involucrados tres componentes principales: (i) los **Objetivos** que tienen que ser alcanzados en cada Actividad, que normalmente están asociados con un resultado (e.g. la solución a un problema, la memoria de un trabajo); (ii) el(los) **Participante(s)** que tienen que realizar la Actividad (e.g. alumnos y docentes); y el **Entorno** compuesto por artefactos, aplicaciones y servicios (e.g. objetos de aprendizaje) en el que la Actividad tiene que ser realizada. Estos tres elementos constituyen la estructura básica de los EMLs existentes y en concreto de IMS-LD.

Ahora bien, la mayoría de las unidades didácticas no incluyen una sola Actividad, sino varias Actividades, cada una de ellas con Objetivos, Participantes y Entornos específicos. Por ello, además de los tres elementos que forman la estructura básica también se tiene en cuenta el **Orden** en que estas Actividades tienen que realizarse y la **Asignación** de Participantes a Actividades. En IMS-LD se sigue una metáfora teatral para permitir modelar el Orden y la Asignación, ver Fig. 1. Una unidad didáctica puede incluir una o varias **Obras**, que se desarrollan en paralelo; cada Obra se compone de uno o varios **Actos**, que se desarrollan en secuencia; y cada Acto de una o varias **Partes-de-Rol** en las que se asigna un Participante a una Actividad y que pueden ser realizadas en paralelo. Mediante este esquema, IMS-LD permite crear modelos de distintas unidades didácticas a través de una metáfora ampliamente comprensible. Sin embargo, este esquema es muy poco flexible, ya que no se considera la posibilidad de modelar alternativas. Para ello IMS-LD también considera **propiedades, condiciones** y **notificaciones**, con las que se permite la variación del plan prescrito según condiciones o eventos.

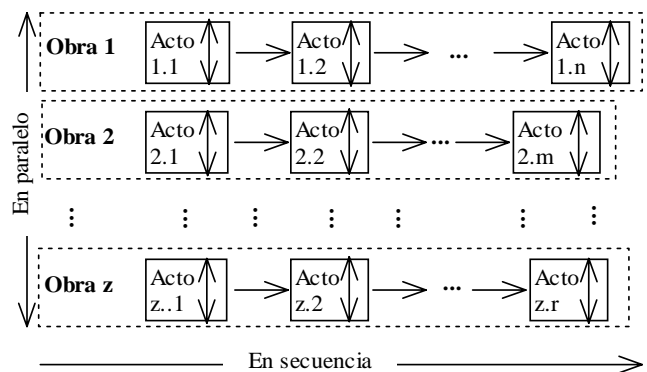


Fig. 1. Representación gráfica sobre la metáfora de IMS-LD en Obras y Actos.

Los elementos y relaciones consideradas en este esquema IMS-LD proporcionan una notación para permitir el modelado de unidades didácticas. En la práctica dicha notación se representa utilizando etiquetas XML de acuerdo a un Esquema XML en correspondencia con el meta-modelo de IMS-LD. Con el meta-modelo también se permite el desarrollo de aplicaciones basadas en las TICs que den soporte computacional durante la creación de los modelos y su

ejecución, permitiendo la realización de las unidades didácticas.

Siguiendo estas ideas se han propuesto otros EMLs. En general se distingue entre lenguajes cuyo interés principal se encuentra en el soporte computacional de los mismos, como en Xedu [7], CPM [8] o la formalización de guiones CSCL [9]; y lenguajes que se preocupan por facilitar el diseño, como E2ML [10] y MISA-MOT [11]. Solamente estos últimos proponen una representación gráfica de los modelos, pero por la contra no es posible su procesamiento computacional.

### III. PoEML

PoEML (*Perspective-oriented EML*) [6] es una propuesta de EML desarrollada siguiendo el principio de **separación-de-asuntos** (*separation-of-concerns*). En PoEML se tiene en cuenta el soporte computacional y la representación gráfica de los modelos. De acuerdo a la aproximación general de los EMLs se considera el modelado de unidades didácticas en base a Actividades. La contribución original se encuentra en que la caracterización de cada actividad y las relaciones entre las distintas actividades se abordan desde el principio de separación-de-asuntos.

La separación-de-asuntos es un principio básico de diseño para la resolución de problemas complejos que se aplica en numerosos dominios, tales como la arquitectura o el desarrollo software [12]. En general la separación-de-asuntos permite superar las limitaciones de la capacidad cognitiva humana, facilitando el entendimiento de los problemas y su resolución. La aplicación de este principio a los EMLs se traduce en la separación de los elementos y relaciones involucrados en el modelado de unidades didácticas en varios asuntos, que se denominan como perspectivas. De acuerdo al principio de separación de asuntos el modelado de cada perspectiva se aborda por separado. En concreto se dispone de una representación gráfica distinta para cada perspectiva. Con todo ello las personas involucradas en el diseño y el desarrollo de unidades didácticas pueden realizar su trabajo centrando la atención en una perspectiva cada vez.

La aplicación del principio de separación-de-asuntos en un escenario ideal debería permitir considerar cada asunto con total independencia de los demás. Sin embargo, las cuestiones involucradas en el modelado de unidades didácticas no han permitido alcanzar una separación total en PoEML. De forma similar a como en los planos de un edificio pueden existir dependencias entre la instalación eléctrica y las conducciones de gas (por ejemplo, debe haber una separación mínima entre ambas), también existen dependencias entre las perspectivas de PoEML. El objetivo en este punto ha sido conseguir una separación de perspectivas que minimizase las dependencias e identificase con claridad las restantes.

Además de la separación en perspectivas PoEML reconoce otro tipo de separación-de-asuntos en el modelado de unidades didácticas. Se trata de una separación en la que se tienen en cuenta distintas formas de control en el comportamiento de las

unidades didácticas. Cada una de estas formas de control se denomina como aspecto [6; 13].

A continuación se presentan en las secciones siguientes las perspectivas y los aspectos en los que se considera la separación de asuntos en PoEML.

#### A. Separación en Perspectivas

La realización de la propuesta de separación de perspectivas se ha realizado teniendo en cuenta la Teoría de la Actividad [14]. Ésta es una meta-teoría sobre las actividades en la que se propone un modelo de mediación entre los elementos involucrados en las mismas (ver Fig. 2). El núcleo central de este modelo es que en cualquier Actividad un Sujeto (e.g. un alumno, un profesor) desempeña un Rol en el que actúa con un Objeto (entendido como fin) con el propósito de alcanzar un cierto Resultado. Esta conexión entre Sujeto y Objeto está influida por los Instrumentos que utiliza para la realización de la Actividad. Obviamente, en función de los medios disponibles las posibilidades de actuación del Sujeto para alcanzar el Objeto serán diferentes. En el caso de Actividades en colaboración también está influida por la Comunidad. La Comunidad pone el énfasis en el contexto social en el que el Sujeto opera. El componente Reglas subraya el hecho de que en una Comunidad las personas están sujetas a reglas, restricciones y regulaciones que afectan a la forma en que interaccionan en la actividad (influyendo también en la consecución del Objeto). La División del Trabajo se refiere a la descomposición del Objeto en varias partes (Sub-objetos) y en la distribución de responsabilidades entre los Sujetos disponibles para la realización de cada uno de las partes. En consecuencia se pueden considerar nuevas Actividades.

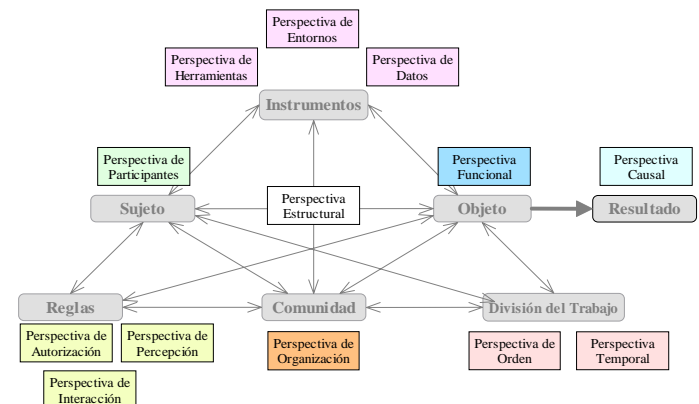


Fig. 2. Presentación de las perspectivas sobre la Teoría de la Actividad.

De acuerdo al modelo de mediación de la Teoría de la Actividad PoEML separa el modelado de unidades didácticas en las siguientes 13 perspectivas [6]:

1. **Perspectiva Estructural.** Se ocupa de la estructura en la que se organizan los elementos de unidades didácticas. La estructura básica se desarrolla a partir de una Actividad en la que se pueden incluir Sub-actividades. A su vez, en estas Sub-actividades es posible incluir otras Sub-actividades y así de manera indefinida. Además de

las Sub-actividades en cada Actividad se incluyen otros elementos, como Objetivos, Participantes, Entornos, Estructura Organizativa, Herramientas, Variables, distintas Especificaciones y Descripciones Causales. Sin embargo, en esta Perspectiva Estructural no se considera la caracterización de estos elementos, sino sólo su inclusión “estructural” en una determinada Actividad. La caracterización de cada uno de estos elementos se considera en las otras perspectivas.

2. **Perspectiva Funcional.** Se ocupa de los Objetivos Funcionales que tienen que realizarse en cada Actividad. Los Objetivos Funcionales permiten indicar a los Participantes qué es lo que tienen que hacer en cada Actividad. Para la caracterización de los Objetivos Funcionales se consideran cuestiones estáticas, como los Parámetros de Entrada y Salida, el carácter obligatorio y optativo; y cuestiones de comportamiento, como las condiciones para poder intentar o completar un Objetivo Funcional. Para los Objetivos Funcionales de una Actividad estas características pueden depender de: (i) los Objetivos Funcionales de sus Sub-actividades (e.g. la parte práctica de una asignatura requiere la realización de dos tercios de las prácticas propuestas); (ii) los Objetivos Funcionales de otras Actividades al mismo nivel (e.g. para poder intentar el cuestionario es necesario haber visto antes todas las lecciones); o (iii) de otros elementos (e.g. los alumnos que vienen de Formación profesional no tienen que realizar las 3 primeras prácticas).
3. **Perspectiva de Participantes.** Se ocupa de los Participantes que deben involucrarse en cada Actividad. Sin embargo no se caracterizan personas concretas, sino los Roles que indican el papel que deben desempeñar los participantes asignados a la Actividad. Debido a la estructuración en Actividades de las unidades didácticas y teniendo en cuenta que cada Actividad puede requerir la participación de distintos Roles es necesario considerar la forma en que los participantes de una Actividad se transfieren a los Roles de cada una de sus Sub-actividades. Por tanto, en esta perspectiva se considera la caracterización de cuestiones estáticas, como la estructura de Roles compuestos (es decir, grupos), o las Atributos que se deben mantener de cada Rol (e.g. datos personales, calificaciones); y cuestiones dinámicas, como la transferencia de participantes entre Roles (por ejemplo: la asignación de alumnos a grupos).
4. **Perspectiva Organizativa.** Se ocupa de la caracterización de la Estructura Organizativa en la que se incluyen los participantes que pueden intervenir en una unidad didáctica. En esta perspectiva sólo se considera la caracterización estática de dicha Estructura Organizativa, teniendo en cuenta unidades y posiciones organizativas, así como derechos y responsabilidades asociadas. Esta información puede ser utilizada para determinar la asignación de participantes a Roles (e.g. la corrección de exámenes sólo puede ser hecha por profesores titulares).
5. **Perspectiva de Entorno.** Se ocupa del Entorno en el que puede realizarse cada Actividad. Se considera la posibilidad de indicar referencias a Entornos existentes físicos o virtuales. También se considera la posibilidad de indicar los recursos que se deben incluir en los Entornos, pudiendo disponer de Artefactos (e.g. Objetos de Aprendizaje) y Herramientas.
6. **Perspectiva de Herramientas.** Se ocupa de la caracterización de las Herramientas que pueden incluirse en los Entornos. Esta perspectiva permite la descripción de las características funcionales y no funcionales, permisos, eventos y operaciones que deben estar disponibles en las Herramientas, de forma que durante la ejecución puedan utilizarse productos de distintos fabricantes que respondan a las características indicadas. Se trata de permitir la inclusión desacoplada de aplicaciones y los servicios para de esta forma maximizar la reutilización de los modelos de unidades didácticas. En la sección V.B se tiene un ejemplo de este modelado.
7. **Perspectiva de Datos.** Se ocupa de la caracterización de los Elementos de Datos. Hay varios elementos que pueden incluir Elementos de Datos en una unidad didáctica: las Actividades tienen Variables, los Objetivos Funcionales tienen Parámetros de Entrada y de Salida, los Roles tienen Atributos y los Entornos Artefactos. En esta perspectiva se considera el modelado de las características estáticas de estos Elementos de Datos así como la transferencia de datos entre Elementos. Por ejemplo: transferencia de las respuestas de un Objetivo de realización de un examen, en donde son un Parámetro de salida, a un Objetivo de evaluación, en las que se requieren como Parámetro de Entrada.
8. **Perspectiva de Autorización.** Se ocupa de la asignación de permisos a los Participantes involucrados en una Actividad. Por ejemplo, en un simulador nuclear los alumnos tienen permiso de acceso básico y los profesores de acceso total.
9. **Perspectiva de Percepción.** Se ocupa de la notificación de los eventos que se produzcan durante la realización de la unidad didáctica. Por ejemplo, los profesores son notificados cada vez que un alumno consigue realizar con éxito la ejecución de un programa.
10. **Perspectiva de Interacción.** Se ocupa de la invocación automática de operaciones. Por ejemplo: cada vez que un profesor accede a una Actividad se invoca una operación con la que se le invita a participar en las sesiones de *Chat* que haya activas.
11. **Perspectiva de Orden.** Se ocupa del orden en qué deben realizarse las Sub-actividades de una Actividad. Hasta el momento solo la Perspectiva Funcional permite indicar qué Objetivos Funcionales pueden intentarse, sin embargo aún no se ha considerado la posibilidad de establecer un orden determinado entre Actividades. En la sección V.C puede verse un ejemplo de modelado en esta perspectiva.
12. **Perspectiva Temporal.** En esta perspectiva se considera el momento de inicio y finalización de las Sub-actividades de una Actividad. De esta forma se complementa la Perspectiva de Orden en la que se considera el inicio de Sub-actividades en relación con el inicio y la finalización de otras Sub-actividades. Por ejemplo, el examen tendrá una duración de 2 horas.

13. **Perspectiva Causal.** Se ocupa de la descripción de los elementos caracterizados en las unidades didácticas, para informar a los posibles usuarios interesados en los mismos. Por ejemplo, se considera información como meta-datos u objetivos educativos.

A pesar de la intención de que en cada perspectiva se considerasen cuestiones independientes de las de otras ha sido inevitable la persistencia de algunas dependencias. Estas dependencias provocan que en el modelado de algunas perspectivas se deba tener en cuenta el modelado realizado en otras. Resultan especialmente problemáticas las dependencias de comportamiento, donde el comportamiento de una perspectiva depende del de otras, dado que pueden conducir a situaciones de bloqueo que impidan la correcta ejecución de la unidad didáctica. Estas dependencias se producen principalmente entre las perspectivas Funcional, de Datos, de Orden y Temporal. No obstante también se han desarrollado mecanismos para señalar estas dependencias y controlar su posible repercusión.

#### B. Separación en Aspectos

La aproximación de PoEML permite separar en varias perspectivas cuestiones de modelado con una finalidad determinada. Sin embargo, en el desarrollo de la propuesta también se han identificado otras partes con una finalidad concreta, pero que se encuentran muy relacionadas con varias de las perspectivas identificadas. En este sentido se trata de cuestiones similares a los asuntos entrecruzados (*cross-cutting concerns*) de la Programación Orientada a Aspectos (AOP) [15]. Por ello, estas partes se denominan como **aspectos**.

Cada aspecto se ocupa de un conjunto de cuestiones relacionadas que pueden afectar al modelado realizado en las perspectivas. A diferencia de las perspectivas, las cuestiones consideradas en los aspectos no tienen una finalidad propia, sino determinan características o comportamientos de las perspectivas. Se identifican cuatro aspectos:

1. **Aspecto de Constantes.** Se considera el modelado de Expresiones Constantes que toman un valor fijo establecido en la creación del modelo. En este aspecto no se considera por tanto la posibilidad de realizar cambios durante el tiempo de ejecución.
2. **Aspecto Condicionado.** Se considera el modelado de Expresiones de Condición que indican un valor o una restricción en función del contenido de Elementos de Datos. Por tanto, las posibilidades de cambio son relativas al contenido de Elementos de Datos.
3. **Aspecto de Señalización.** Se considera el modelado de Expresiones de Señalización que indican un momento o una restricción temporal. Las posibilidades de cambio consideradas en este aspecto involucran eventos cuya aparición no se puede precisar.
4. **Aspecto de Toma de Decisión.** Se considera el modelado de Expresiones de Toma de Decisión en las que se un Participante o conjunto de Participantes toman una opción. Las posibilidades de cambio de este aspecto tienen en cuenta las decisiones de los participantes.

#### IV. JPoEML: AUTORÍA GRÁFICA DE MODELOS POEML

JPoEML (Java-PoEML) es una aplicación de autoría que permite la creación de modelos gráficos de unidades didácticas de acuerdo a PoEML. En su concepción se ha tenido en cuenta la separación en perspectivas propuesta en el lenguaje, considerando para cada perspectiva una interfaz apropiada, con elementos y relaciones específicos. El desarrollo de JPoEML se ha realizado utilizando Netbeans con varias librerías gráficas (jGraph, Swing, L2FProd). Puede encontrarse más información en <http://www.poeml.com>.

En la Fig. 3 se muestra la interfaz general de la aplicación. Se distinguen tres paneles. Un panel principal que se sitúa en el centro y dos paneles secundarios situados en el lado derecho. En el panel central se realiza la representación gráfica de cada una de las perspectivas. Mediante las pestañas disponibles en la parte inferior de este panel se permite cambiar entre cada una de las perspectivas. En la parte izquierda de este panel se dispone de otras pestañas con las que se puede cambiar entre cada uno de los aspectos. Al lado de estas pestañas verticales se dispone el panel de herramientas gráficas específico para cada perspectiva. El usuario de la herramienta puede utilizar estos elementos para crear el modelo gráfico en la perspectiva que tenga seleccionada. El panel superior del lado derecho proporciona una representación en árbol de la estructura del modelo de la unidad didáctica. En este árbol se incluyen todos los elementos que forman parte de un modelo de la unidad didáctica agrupados en Actividades. El panel inferior del lado derecho es un panel de propiedades y se utiliza para mostrar información relativa al elemento que se tenga seleccionado. En la Fig. 4 se muestra la representación gráfica de la perspectiva Estructural. Para cada Actividad de una unidad didáctica se incluye un diagrama de este tipo con los elementos que se agrupan en la misma. En el árbol del panel superior derecho también se muestra una representación de la perspectiva estructural, incluyendo todas las Actividades del curso.

Es importante señalar que el propósito de este artículo no es mostrar de forma completa la representación gráfica de PoEML. Para ello se recomienda el capítulo sobre este lenguaje incluido en [16].

#### V. EJEMPLO

En esta sección se muestra un ejemplo de modelo de una unidad didáctica de un curso de ingeniería. Se trata del curso de Arquitectura de Ordenadores impartido por alguno de los autores en la Universidad de Vigo. En este ejemplo se consideran dos modalidades de seguimiento del curso, una presencial y otra a distancia. En el modelo realizado ambas modalidades involucran los mismos elementos y sólo es necesario considerar algunos cambios puntuales entre ambos.

##### A. Componentes Básicos del Curso

En la Fig. 4 siguiente se muestra la representación en árbol del modelo de la Perspectiva Estructural del curso. Este modelo se compone de un ES (*Educational Scenario*) o Actividad

principal del curso, en el que se incluyen los ESs de Teoría y Práctica. En cada uno de estos ESs se incluyen Objetivos, Roles, Especificaciones de Orden y Temporales y Sub-ESs.

Además, en los Sub-ESs se incluyen Entornos en los que se dispondrán los recursos necesarios para poder realizar las actividades previstas.

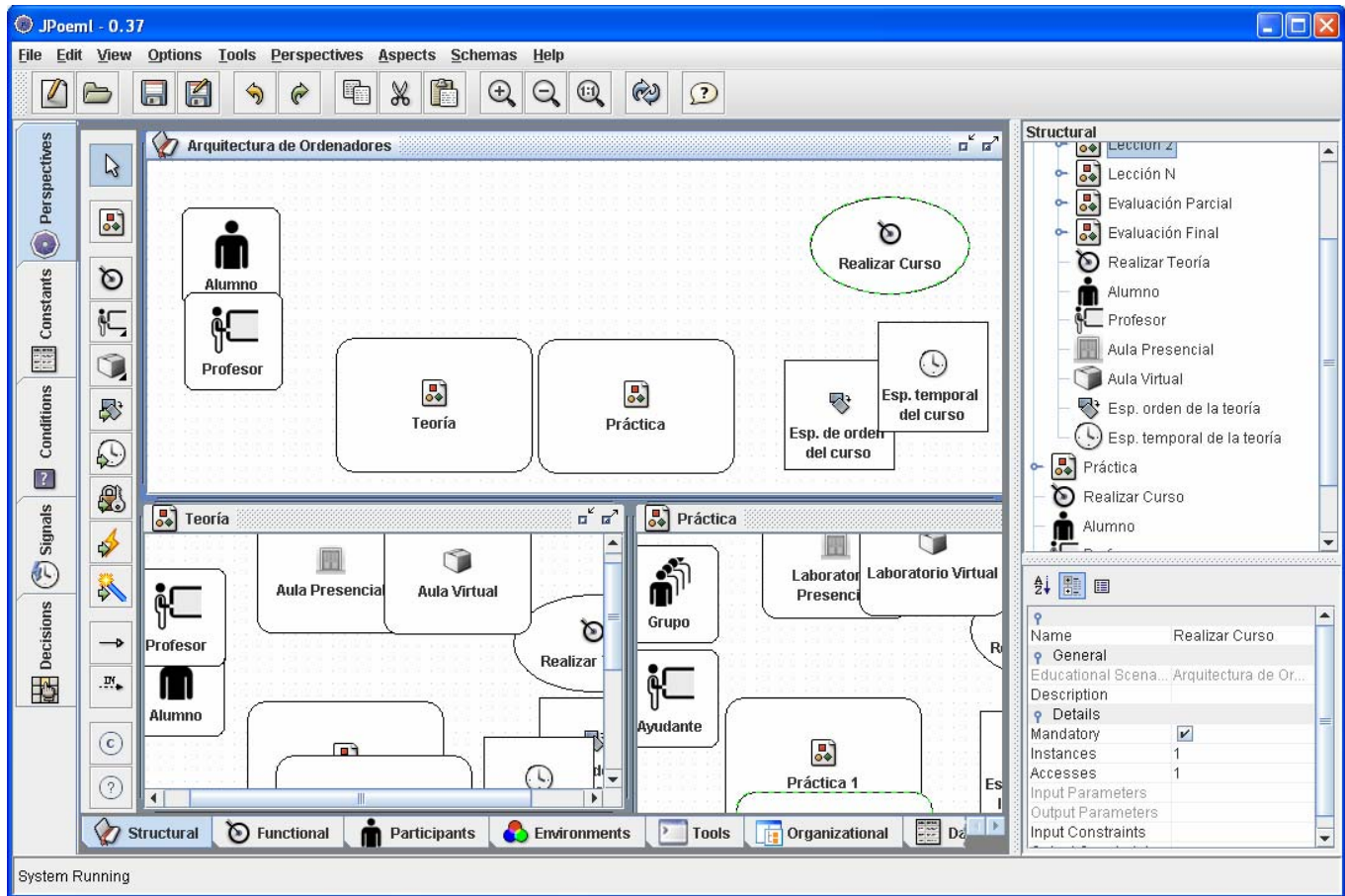


Fig. 3. Interfaz de JPoEML.

En el modelo estructural se incluye en cada ES todos los elementos y especificaciones del mismo. En la figura se puede comprobar dicha caracterización:

- El ES principal se denomina Arquitectura de Ordenadores. En este ES se incluye un Objetivo (que indica la necesidad de realizar el curso), dos Roles (Alumno y Profesor), las Especificaciones de Orden y Temporales y los dos Sub-ESs de Teoría y Práctica.
- En el ES de Teoría se incluye un Objetivo (que indica la necesidad de realizar la parte de teoría del curso), dos Roles (los mismos que en el curso), dos Entornos, las Especificaciones de Orden y Temporales y cinco Sub-ESs (incluyéndose varias lecciones y evaluaciones).
- En el ES de Práctica se incluye un Objetivo (que indica la necesidad de realizar la parte práctica del curso), dos Roles (Pareja y Ayudante) a los que se asignarán respectivamente participantes de los Roles Alumno y Profesor del curso, dos Entornos, las dos Especificaciones y cuatro Sub-ESs (dos prácticas y dos correcciones).

El modelado estructural de los Sub-ESs indicados se incluye en el siguiente nivel del árbol. Para cada Sub-ES se

determina qué es lo que hay que hacer (Objetivos), quién lo tiene que hacer (Roles), dónde (Entornos), etc. Por su parte, el modelado de cada uno de los elementos se realiza en las perspectivas identificadas: (i) los Objetivos y las relaciones entre Objetivos en la Perspectiva Funcional; (ii) los Roles y la transferencia de participantes entre Roles en la Perspectiva de Participantes; (iii) los recursos incluidos en los Entornos en la Perspectiva de Entornos; etc.

Es importante señalar que la presencia de Entornos físicos y virtuales así como de Especificaciones Temporales y de Orden se plantea de forma alternativa para soportar respectivamente las modalidades del curso presencial y a distancia. Es decir:

- En la modalidad presencial se utilizan Entornos físicos (tanto Aula como Laboratorio) y Especificaciones Temporales con las que se indica el momento de inicio y finalización de cada Sub-ES (por ejemplo: la lección 1 empieza el 30 de marzo a las 16:00).
- En la modalidad a distancia se utilizan Entornos virtuales (tanto Aula como Laboratorio) y Especificaciones de Orden con las que se indica el orden relativo entre Sub-ESs (ver sección VI-C). De esta forma cada alumno puede ir a su propio ritmo en la realización de ESs.

La presencia de cada uno de los Entornos o Especificaciones se indica en las perspectivas correspondientes mediante la utilización de expresiones de alguno de los aspectos de PoEML. Por ejemplo, mediante una Expresión Constante que indique si el curso es a distancia o presencial. De esta forma si se quiere cambiar el curso de la modalidad a distancia a la presencial sólo es preciso cambiar el valor de la Expresión Constante, sin modificar para nada el resto del modelo.

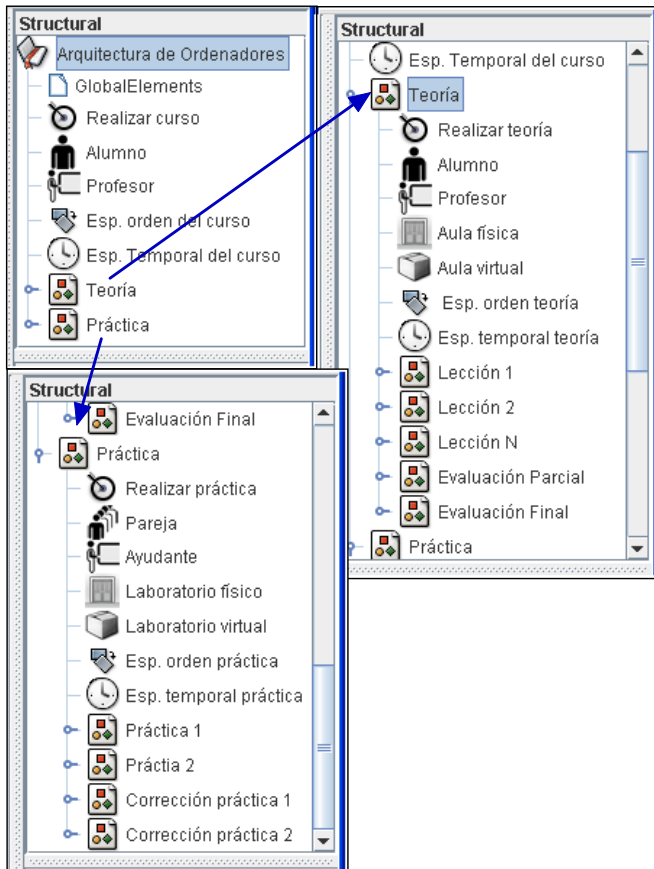


Fig. 4. Representación en árbol de modelo en la Perspectiva Estructural.

### B. Caracterización de Herramientas

El modelado de los Entornos es una cuestión de suma importancia para la docencia en la ingeniería. En el curso de Arquitectura de Ordenadores se reconocen distintos tipos de Entornos en función de que la modalidad de seguimiento sea presencial o a distancia. En cualquier caso los Entornos se modelan a través de los recursos que se incluyen en los mismos. En PoEML se permite incluir Herramientas y Artefactos (como Objetos de Aprendizaje) tanto en los Entornos físicos como virtuales. La diferencia entre ambos tipos de Entornos es que en los virtuales se puede automatizar la inclusión de las Herramientas y los Artefactos por medio de un soporte computacional adecuado, mientras que en los Entornos físicos dicha inclusión no puede ser automatizada ya que debe ser realizada obviamente por personas.

Una cuestión muy importante en PoEML es que el modelado de las Herramientas no tiene por qué realizarse de

forma directa, esto es, fijando en el diseño la aplicación o servicio. Por el contrario, es posible indicar las características (requisitos funcionales, requisitos no funcionales, permisos, eventos, operaciones) que debe ofrecer la Herramienta, permitiendo utilizar durante la ejecución cualquier aplicación o servicio que satisfaga dichas características. De esta forma se facilita la reutilización de los modelos en distintos sistemas de ejecución. En el ejemplo presentado en este artículo se consideran ambas formas de modelado. En la Fig. 5 se presenta el modelado de cuatro Herramientas. Las tres primeras son servicios de comunicación (chat, foro y correo electrónico) que se incluyen tanto en el Aula Virtual como en el Laboratorio Virtual. Su modelado se realiza de forma desacoplada, indicando las características que deben tener. Para ello se hace referencia a un *schema* en el que se mantiene el significado de los términos utilizados. En este caso como *schema* se utiliza un vocabulario controlado desarrollado por los autores (`edu.uvigo.poeml.communication`). En su lugar también sería posible utilizar como *schema* una taxonomía o una ontología, con lo que se obtendría una mayor capacidad semántica en la búsqueda de posibles aplicaciones y servicios durante el tiempo de ejecución. El sistema de ejecución debe disponer de un repositorio de herramientas descritas en base a las mismas características y *schemas* utilizados en la creación de los modelos. También deberá disponer de un sistema de intermediación que permita la búsqueda y utilización de las herramientas indicadas. Por último, en el ejemplo se tiene un simulador que se incluye en el Laboratorio Virtual y se determina de forma directa a través su URI.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<course>
<name>Arquitectura de Ordenadores</name>
<GlobalElements>
<tool>
<name>Chat</name>
<id>78</id>
<Feature item="text" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Feature item="synchronous" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Feature item="volatile" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Feature item="multi-part" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Permission item="moderator" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Permission item="listener" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Permission item="speaker" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
</tool>
<tool>
<name>Foro</name>
<id>79</id>
<Feature item="text" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Feature item="asynchronous" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Feature item="persistent" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Feature item="multi-part" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Event item="new-thread" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Event item="new-message" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
</tool>
<tool>
<name>Correo Electrónico</name>
<id>80</id>
<Feature item="text" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Feature item="asynchronous" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Feature item="volatile" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<Feature item="multi-part" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
<operation item="send-message" schema="edu.uvigo.poeml.communication" />
</tool>
<tool>
<name>simulador Procesador de 8 bits</name>
<id>81</id>
<Location URI="http://www-gist.det.uvigo.es/~simplez" />
</tool>
</GlobalElements>
<alumno>
...
<virtual environment>
<name>Laboratorio Virtual</name>
<id>50</id>
<Tool name="chat"/>
...
</environ>

```

Fig. 5. Código XML de especificación de herramientas

En el modelado desacoplado se recurre a una taxonomía sobre servicios de comunicación desarrollada por los autores

para la indicación de las características. Se incluyen las siguientes indicaciones:

- El servicio de Chat se modela como de texto, síncrono, volátil y entre varias partes. Además también se requiere la disponibilidad de tres permisos: moderador, oyente y locutor. El requerimiento de estos tres permisos permitiría realizar el modelado de Especificaciones de Autorización en las que se indicase la asignación de estos permisos a cada uno de los participantes. Por ejemplo, se podría asignar siempre el permiso de moderador a los profesores, el permiso de oyente o locutor en función del orden de acceso de los participantes, etc.
- El servicio de Foro se modela como de texto, asíncrono, persistente y entre varias partes. Además también se requiere la disponibilidad de dos eventos: de nuevo tema de discusión y de nuevo mensaje. El requerimiento de estos dos eventos permitiría realizar el modelado de Especificaciones de Percepción en las que se indicase la notificación de estos eventos a los participantes. Por ejemplo, se podría notificar la creación de un nuevo tema de discusión a todos los participantes, notificar la introducción de un nuevo mensaje al creador del tema de discusión en el que se introduce dicho mensaje, etc.
- El servicio de Correo Electrónico se modela como de texto, asíncrono, volátil y entre varias partes. Además también se requiere la disponibilidad de una operación de envío de mensaje. El requerimiento de esta operación permitiría realizar el modelado de Especificaciones de Interacción en las que se indicase la invocación de dicha operación de forma automática. Por ejemplo, si se detecta que un alumno tiene problemas con el simulador (lo que se podría controlar a través de una Especificación de Percepción sobre eventos del simulador) se envía un mensaje de correo electrónico al profesor.

Es importante destacar que en PoEML no sólo se tiene en cuenta la posibilidad de indicar las funcionalidades necesarias para un curso, sino también la forma en que dichas funcionalidades pueden utilizarse. El requerimiento de permisos, eventos y operaciones en las Herramientas permite el modelado de especificaciones de autorización, percepción e interacción. A través de estas especificaciones se permite controlar y supervisar la interacción de los usuarios (e.g. alumnos) con las Herramientas.

### C. Especificación de Orden

En esta sección se muestra el modelo de las Especificaciones de Orden. Como se ha indicado estas especificaciones se aplican a la modalidad de acceso a distancia. En ellas se establece el orden en el que pueden explorarse los ESs o Actividades del curso. De forma alternativa, para la modalidad presencial, también se incluyen Especificaciones Temporales en las que se indica el inicio y la finalización de cada ES.

En la Fig. 6 se muestra la representación gráfica de los modelos de las Especificaciones de Orden del ES principal y de los ESs de Teoría y de Práctica. En cada modelo se indica

el orden entre los Sub-ESs incluidos en el ES. Para este ejemplo se utilizan varios conectores, dos para señalar los puntos de inicio y finalización, un conector para indicar secuencia, otro para indicar una bifurcación en la que se pueden realizar varios ESs en paralelo y un último conector para indicar sincronización, señalando que para poder iniciar el siguiente ES deben haberse finalizado los anteriores. Las tres Especificaciones de Orden indican las siguientes secuencias:

- La de orden del curso indica que la parte de Teoría y la parte de Práctica se pueden realizar en paralelo.
- La de orden de la Teoría indica que las dos primeras lecciones se pueden realizar en paralelo en cualquier orden, después se debe realizar la Evaluación Parcial, después otra lección y por último la Evaluación Final. En el curso real se incluyen más lecciones y evaluaciones parciales, pero este modelo es suficientemente representativo.
- La de orden en la Práctica indica que primero tiene que realizarse la Práctica 1 y después se puede realizar en paralelo la Práctica 2 y la Corrección de la Práctica 1. Una vez que finalicen ambas se puede realizar la Corrección de la Práctica 2.

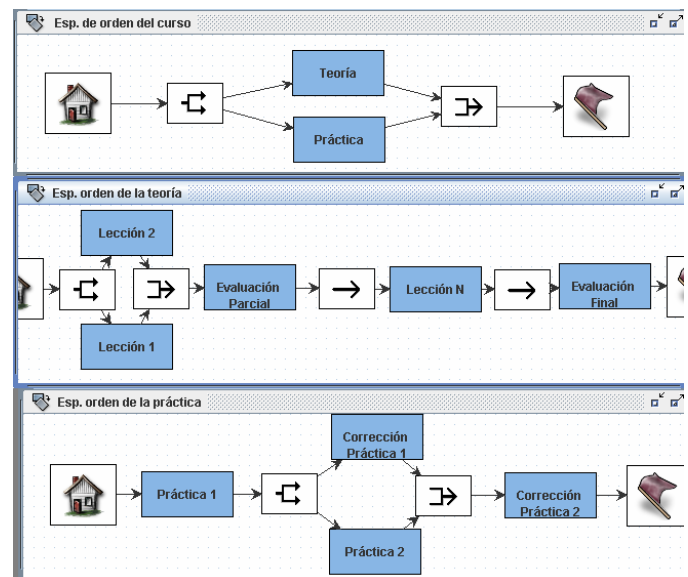


Fig. 6. Representación gráfica del modelo de la Perspectiva de Orden

## VI. CONCLUSIONES

Este artículo presenta las posibilidades de modelado de unidades didácticas en la ingeniería con PoEML. PoEML se ha propuesto con el objetivo de contribuir a la mejora de las capacidades de modelado de los EMLs centrándose especialmente en el soporte de actividades en colaboración y basadas en la práctica. Estos tipos de actividades son muy importantes en el desarrollo de unidades didácticas en la ingeniería. El interés de PoEML se ha enfocado principalmente en aumentar la expresividad de las propuestas existentes, ofreciendo una solución tanto computacional como gráfica. La combinación de estas dos características es actualmente un objetivo importante de investigación en los



EMLs (principalmente IMS-LD) y en los lenguajes de diseño de la instrucción [16; 17]. En relación con estas propuestas PoEML tiene una vocación primordialmente computacional sobre la de modelado educativo y por tanto gráfica, aunque dicha representación gráfica pretende ayudar a entender tanto el propio lenguaje como los modelos de unidades didácticas a este nivel computacional.

Las propuestas de PoEML se basan fundamentalmente en el principio de separación-de-asuntos. Este principio ha sido utilizado para dirigir el desarrollo del lenguaje, posibilitando la obtención de 13 perspectivas y 4 aspectos. Mediante esta separación en partes se ha conseguido un aumento considerable en la expresividad, tal y como se requería. En especial es importante destacar las posibilidades que ofrecen las Perspectivas de Herramientas, Autorización, Percepción e Interacción, con las que no sólo se permite la utilización de distintas aplicaciones y servicios, sino controlar la utilización de las mismas en las unidades didácticas. Ahora bien, es muy importante destacar que este aumento de expresividad no supone un aumento proporcional en la complejidad del lenguaje. La separación en partes permite centrar la atención en cada una de las partes de forma más o menos aislada, reduciendo de esta forma el esfuerzo cognitivo. Además, con esta separación en partes también se facilita la consecución de los objetivos de reutilización, adaptabilidad y flexibilidad, puesto que, a grandes rasgos, es posible cambiar/modificar el modelado de cada perspectiva/aspecto de forma bastante independiente del modelado de otras perspectivas/aspectos.

Esta es una investigación en marcha que por el momento ha sido validada parcialmente a través de la realización de ejemplos de modelado de unidades didácticas representativas de ciertas aproximaciones pedagógicas o escenarios educativos, el desarrollo de la herramienta de autoría gráfica JPoEML y la evaluación con un esquema propio basado en patrones desarrollado por los autores. A partir de aquí se pretende completar esta validación parcial mediante el desarrollo de un sistema software que soporte la ejecución de los modelos, la provisión de un repositorio de herramientas y un sistema de intermediación que permita su búsqueda y utilización en los términos previstos en el lenguaje y continuar con el modelado de nuevas unidades didácticas, principalmente mediante la participación de autores externos. El desarrollo del sistema software se plantea en base a la utilización como base de las funcionalidades de algún LMS bien conocido, de forma similar al soporte de IMS-LD en plataformas como Moodle [18] o .LRN [19].

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por el Ministerio de Educación y Ciencia a través del proyecto “*MetaLearn: metodologías, arquitecturas y lenguajes para sistemas E-learning adaptativos*” (TIN2004-08367-C02-01) y por la Consellería de Innovación e Industria a través del proyecto “*E-BICS: E-learning – Bases de Integración e Coordinación sobre eStándares*” (PGDIT06PXIB32 2270PR).

#### REFERENCIAS

- [1] L. Botturi, M. Derntl, E. Boot, K. Figl. “A Classification Framework for Educational Modeling Languages in Instructional Design”. *Proceedings on the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*. ICALT’06. Kerkrade, 5-7 Julio 2006. ISBN: 0-7695-2632-2
- [2] Consejo de Coordinación Universitaria. *Propuestas para la Renovación de las Metodologías Educativas en la Universidad*. Secretaría de Estado de Universidades e Investigación, Ministerio de Educación y Ciencia de España. España, 2006NIPO: 651-06-300-8. Accesible en la web: [http://www.mec.es/educa/ccuniv/html/metodologias/docu/PROPUESTA\\_RENOVACION.pdf](http://www.mec.es/educa/ccuniv/html/metodologias/docu/PROPUESTA_RENOVACION.pdf) [último acceso 14 Abril 2007]
- [3] R. Pastor, R. Hernández, S. Ros y M. Castro. “Especificación Metodológica de la Implementación y Desarrollo de Entornos de Experimentación” IEEE-RITA Vol. 1, Num. 1, Noviembre 2006. Accesible en la web: <http://webs.uvigo.es/cesi/RITA/200611/> [último acceso 14 Abril 2007].
- [4] R. Koper. *Modeling units of study from a pedagogical perspective – The pedagogical metamodel behind EML*, Open University of the Netherlands (2001).
- [5] R. Koper, B. Olivier, and T. Anderson, (Eds.) *IMS Learning Design Information Model*. IMS Global Learning Consortium (2003).
- [6] M. Caeiro-Rodríguez, M. Llamas-Nistal, L. Anido-Rifón. “A Separation of Concerns Approach to Educational Modeling Languages.” *Proceedings on the 36<sup>th</sup> Annual Frontiers in Education Conference*. FIE’06. San Diego, California, 28-31 Octubre 2006. ISBN: 1-4244-0257-3.
- [7] F. Buendía. *Xedu: un Modelo para la Especificación de Componentes Estática y Dinámica de una Aplicación Instructiva*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia (2003).
- [8] P. Laforcade. *Méta-modélisation UML pour la Conception et la Mise en Oeuvre de Situations-problèmes Coopératives*. Tesis Doctoral, L’université de Pay et des Pays de la’adour (2005).
- [9] Y. Miao, K. Hoeksema, H. U. Hoppe, A. Harrer. “CSCL Scripts: Modelling Features and Potential Use”. *Proceedings on the International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning*. CSCL’05. Taiwan, 30 Mayo - 4 Junio 2005.
- [10] L. Botturi. *Educational Environment Modeling Language*. Tesis Doctoral, Università della Svizzera Italiana (2003).
- [11] G. Paquette. *Educational Modeling Languages: from an Instructional Engineering Perspective*. Education Using Learning Objects, Koganpage (2003).
- [12] D. L. Parnas. “On the Criteria to be Used in Decomposing Systems into Modules”. *Communications of the ACM*. Vol. 20, No. 6, 1972.
- [13] M. Caeiro-Rodríguez, M. Llamas-Nistal, L. Anido-Rifón. “The PoEML Proposal to Model Services in Educational Modeling Languages”. *Proceedings on the 12<sup>th</sup> International Workshop on Groupware: Design, Implementation, and Use*. CRIWG’06. Medina del Campo, 17-21 Septiembre 2006. ISBN: 3-540-39591-1.
- [14] Y. Engeström, R. Miettinen, R. L. Punamäki. *Perspectives on Activity Theory*. Cambridge University Press (1998).
- [15] T. Elrad, R. E. Filman, A. Bader. “Aspect-oriented Programming”. *Communications of the ACM*. Vol. 44, No. 10, 2001.
- [16] L. Botturi, T. Stubbs (Editores). *Handbook of Visual Languages for Instructional Design: Theories and Practices*. IDEA Group Inc. (Publicación prevista en verano de 2007).
- [17] D. Hernández-Leo, E. D. Villasclaras-Fernández, I. M. Jorrín-Abellán, J. I. Asensio-Pérez, Y. Dimitriadis, I. Ruiz-Requies, B. Rubia-Avi. “Collage, a Collaborative Learning Design Editor Based on Patterns”. *Special Issue on Learning Design, Educational Technology & Society*. Vol 9, No. 1, pp.58-71, Enero 2006.
- [18] A. Berggren, D. Burgos, J. M. Fontana, D. Hinkelman, V. Hung, A. Hursh, G. Tielemans. “Practical and Pedagogical Issues for Teacher Adoption of IMS Learning Design Standards in Moodle LMS”. *Journal of Interactive Media in Education*, 2005/02, Septiembre 2005. ISSN: 1365-893X. Accesible en la web <http://www.jime.open.ac.uk/2005/02/> [último acceso 14 Abril 2007].
- [19] A. Pardo. “GRAIL: The IMS-LD support for .LRN”. *Proceedings of the .LRN Spring Conference*. Viena, Austria, 25-28 Abril 2007.



**Manuel Caeiro Rodríguez** es Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad de Vigo (1999) en la especialidad de Telemática. Actualmente es Profesor Asociado en el Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo realizando tareas docentes en asignaturas relacionadas con la

ingeniería del software y la arquitectura de ordenadores. En cuanto a la investigación su interés principal se centra en la aplicación de las Tecnologías de la Comunicación y la Información a la educación.



**Martín Llamas Nistal** es Ingeniero de Telecomunicación (1987) y Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid. Desde Marzo de 1987 es profesor contratado del Área de Ingeniería Telemática en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de Vigo, y desde Septiembre de 1996, Profesor Titular

de Universidad. Ha participado y dirigido varios proyectos de investigación en el ámbito del e-learning. Sus áreas de interés

son fundamentalmente e-learning e ingeniería web. Ha participado como autor o coautor en más de 100 publicaciones en revistas y congresos. Ha sido director del Área de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Universidad de Vigo desde Diciembre de 1998 hasta Octubre de 2003. Desde Marzo de 2004 es miembro de la Junta Directiva del Capítulo Español de la Sociedad de la Educación del IEEE y Coordinador de su Comité Técnico, de Acreditación y Evaluación.



**Luis Anido Rifón** es natural de Lugo (21 de junio de 1973). Es Ingeniero de Telecomunicación (1997) por la Universidad de Vigo en las especialidades de Telemática y Comunicaciones y Doctor Ingeniero de Telecomunicación (2001) por la Universidad de Vigo (sobresaliente cum laude por unanimidad). Actualmente es

Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo. Asimismo ocupa el puesto de Director del Área de Innovación Educativa de la Universidad de Vigo.