

BOTBLOQ: Ecosistema integral para el diseño, fabricación y programación de robots DIY

Proyecto Financiado por el Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI)

EXPEDIENTE: IDI-20150289

Cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través
del Programa Operativo Plurirregional de Crecimiento Inteligente 2014-2020

ACRÓNIMO DEL PROYECTO: BOTBLOQ



CDTI

Centro para el
Desarrollo
Tecnológico
Industrial



UNIÓN EUROPEA

**Fondo Europeo de
Desarrollo Regional (FEDER)**

Una manera de hacer Europa

ENTREGABLE E.6.1.1 Descripción Funcional

RESUMEN DEL DOCUMENTO

Los Sistemas Tutores Inteligentes (STI) son aplicaciones informáticas de apoyo al aprendizaje que permiten seleccionar y presentar los materiales del curso de forma automática y personalizada, así como evaluar los estudiantes sin requerir la intervención de tutores humanos, permitiendo así ofrecer una atención más personalizada a la vez que reducir costos.

El STI para BOTBLOQ tiene el objetivo de ofrecer a sus usuarios un entorno personalizado que los guíe de forma automática a través de los contenidos de un curso, permitiendo poner en práctica sus conocimientos y habilidades de forma mucho más efectiva que con las clases tradicionales. El sistema basa su funcionamiento en la recomendación personalizada de Objetos de Aprendizaje, los cuales combinan uno o más recursos didácticos junto con los metadatos que los describen.

El sistema está organizado mediante los siguientes módulos: modulo del alumno (describe y evalúa el conocimiento y la actuación del alumno en el sistema), de experto (contiene los recursos educativos del curso), del tutor (selecciona la intervención educativa más adecuada al alumno) y de interfaz. Para cada módulo, se describen sus funciones, las estrategias empleadas para reflejar los datos del alumno, su nivel de conocimiento, características cognitivas, preferencias de aprendizaje, así como la organización de los cursos y su contenido, los Objetos de Aprendizaje que lo componen y la secuenciación a aplicar para la serie de tareas a realizar por el alumno y los criterios a considerar para elegir una u otra según las características del alumno.

Por último, se definirán las técnicas de análisis inteligente de datos que mejor se adaptan y resuelven el problema planteado y su posterior aplicación para trabajar la retroalimentación del sistema.

Índice

1. DESCRIPCIÓN BÁSICA.....	4
2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA TUTOR INTELIGENTE.....	6
3. MODELO DEL ALUMNO	9
3.1. ESTILO DE APRENDIZAJE	10
3.2. NIVEL DE CONOCIMIENTO	12
3.3. DATOS DEL ALUMNO	13
4. MODELO DE DOMINIO	15
4.1. OBJETOS DE APRENDIZAJE	15
4.2. RUTA DE APRENDIZAJE	17
5. MODELO DEL TUTOR.....	19
6. MÓDULO INTERFAZ	21
7. ALGORITMOS DE MINERÍA DE DATOS	25
REFERENCIAS	26

1. Descripción Básica

Los Sistemas Tutores Inteligentes (Intelligent Tutoring Systems en inglés) se definen como: sistemas informáticos de aprendizaje personalizado, que no requieren la intervención de tutores humanos y reducen el coste, al automatizar la selección de los materiales del curso, su presentación y la evaluación de los estudiantes.

El objetivo de construir un Sistema Tutor Inteligente (STI) para BOTBLOQ es ofrecer al usuario/estudiante un entorno personalizado que lo guíe de forma automática por los contenidos de un curso, permitiéndole una puesta en práctica de sus conocimientos y habilidades de forma mucho más efectiva que con las clases tradicionales. De esta manera, se construirá un modelo individual de los objetivos, preferencias y conocimientos de cada alumno y se empleará en la interacción del estudiante durante su proceso de aprendizaje, con la intención de adaptarlo a sus necesidades.

Los Sistemas Tutores Inteligentes se encuentran alojados en lo que se denomina un Sistema de Gestión de Aprendizaje (LMS). Estos sistemas son plataformas en las que se almacenan los recursos educativos vinculados con el curso (organizados en lecciones o unidades didácticas) así como la información sobre el aprendizaje de los alumnos de forma estandarizada permitiendo su reutilización para otros cursos. También se ofrecen dentro de ellos diversos canales y espacios de trabajo en los que se facilita el intercambio de información y la comunicación entre los alumnos del curso, produciendo materiales, realizando pruebas, promoviendo discusiones y permitiendo el aprendizaje colaborativo (foros, charlas, áreas de almacenamiento de archivos, servicios de noticias, etc.).

El funcionamiento inteligente del sistema se obtiene de la aplicación de la teoría básica de control (realimentación) en combinación con técnicas de análisis inteligente de datos que extraen y analizan la información de las interacciones del alumno con la plataforma LMS en su proceso de aprendizaje. De esta forma se permite a los estudiantes disponer de un aprendizaje adaptativo, más flexible a sus necesidades, ritmo de aprendizaje y aptitudes. La utilización de técnicas sofisticadas de manejo de la incertidumbre como la Lógica Borrosa están justificadas con el fin de proporcionar los resultados adecuados en un entorno en los que la subjetividad, la ambigüedad y la vaguedad pueden estar presentes.

El sistema tutor propuesto basará su funcionamiento en la recomendación personalizada de recursos educativos almacenados como Objetos de Aprendizaje. Un Objeto de Aprendizaje (OA) es una unidad básica de información en sistemas educativos que combina uno o más recursos didácticos junto con los metadatos que los describen [1]. Esta estructura permite su intercambio y reutilización entre distintos ambientes educativos sin que exista pérdida de su funcionalidad o características. El propósito de los objetos de aprendizaje es proporcionar colecciones de unidades de información basadas en estándares que proporcionen flexibilidad, portabilidad y reutilización de los contenidos educativos, propiciando un alto grado de control a los profesores y los estudiantes.

Algunas de sus características clave son:

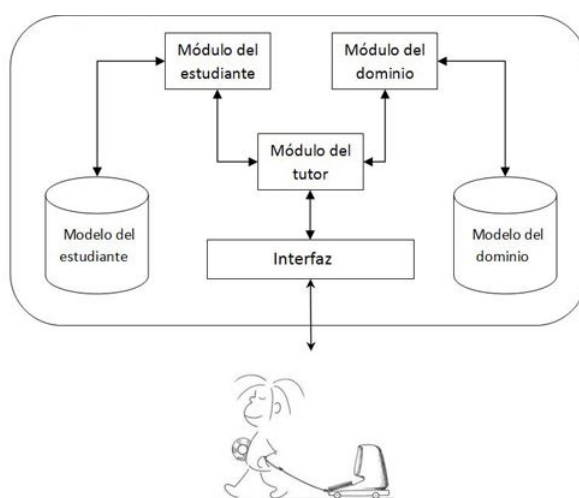
- Son independientes: cada objeto de aprendizaje puede ser empleado o aplicado de forma independiente.
- Son reutilizables: un mismo objeto de aprendizaje puede ser utilizado en múltiples contextos para múltiples propósitos.
- Pueden ser agregados: los objetos de aprendizaje pueden agruparse en colecciones más grandes de contenido, incluidas las estructuras de los cursos tradicionales.
- Están etiquetados con metadatos: cada objeto de aprendizaje tiene información descriptiva que le permite ser fácilmente encontrado por una búsqueda.

El resto del documento está organizado como sigue: En el siguiente apartado se especifican a alto nivel los diferentes componentes de la arquitectura del Sistema Tutor. Posteriormente se define la plataforma para albergar el sistema en base al cumplimiento de una serie de requisitos (características y disponibilidad de herramientas). A continuación, se describen las características de los módulos que constituyen el sistema, tales como el módulo del alumno (evalúa el conocimiento y la actuación del alumno en el sistema), el módulo del tutor (selecciona la intervención educativa más adecuada al alumno) y el módulo del dominio (contiene los recursos educativos del curso) y el módulo interfaz (el que permite la interacción entre usuario y sistema tutor). Por último, se definirán las técnicas de análisis inteligente de datos que mejor se adapta y resuelve el problema planteado y su posterior aplicación para trabajar la retroalimentación del sistema.

2. Arquitectura del Sistema Tutor Inteligente

Los sistemas STI, con el fin de proporcionar ayuda, guía y realimentación a los estudiantes, se basan normalmente en diferentes fuentes de conocimiento, organizados en los siguientes módulos independientes:

- **Módulo alumno:** evalúa la información o actuación de cada alumno para determinar su conocimiento, habilidad perceptual y capacidad de razonamiento. El modelo del alumno también incluye sus carencias y malas concepciones de aprendizaje.
- **Módulo dominio o experto:** contiene la descripción del conocimiento o comportamiento que representa el dominio o campo de la enseñanza, es decir, los recursos educativos del curso (representado por un sistema experto o modelo cognitivo). Permite al STI comparar las acciones y elecciones del estudiante con las del experto, con el objetivo de evaluar lo que el usuario conoce y desconoce.
- **Módulo tutor:** codifica los métodos de enseñanza que son apropiados para el dominio objetivo y el estudiante. Es el motor de ejecución del sistema adaptativo. En función del conocimiento, nivel de experiencia y estilos de aprendizaje de los alumnos, el modelo tutor selecciona la intervención educativa más adecuada. Ésta se realiza comparando el modelo del estudiante con los resultados esperados del modelo dominio, las discrepancias observadas son señaladas al modelo tutor que toma una acción correctiva acorde. Proporciona un modelo o conjunto de reglas del proceso de enseñanza que indican cuándo es conveniente hacer un repaso, presentar un nuevo tema, cómo presentarlo, etc.)
- **Módulo interfaz:** suministra el medio para la interacción del estudiante con el STI, normalmente a través de un interfaz gráfico de usuario y a veces, mediante una simulación del dominio con la tarea que el estudiante está aprendiendo (i.e. el control de una planta industrial).



Esquema básico de un Sistema Tutor Inteligente

La realización a alto nivel de estos módulos se podría especificar tal y como se refleja en la siguiente tabla:

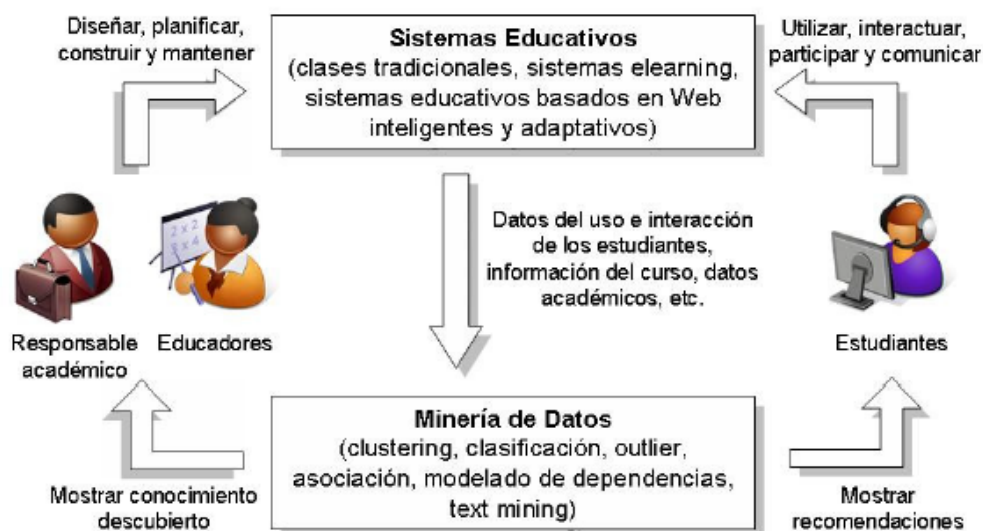
Tabla: Especificación a alto nivel de los módulos

Módulo	Resolución
Alumno	Datos del alumno estáticos y dinámicos almacenados en la Base de Datos Mongo DB del tutor siguiendo las especificaciones del estándar IEEE-LIP
Dominio	Los recursos de aprendizaje estarán almacenados en un repositorio determinado al efecto que facilitará su almacenaje físico y el registro de sus metadatos en la Base de Datos MongoDB del Sistema Tutor o del Repositorio de OA designado al efecto basado en el estándar SCORM.
Tutor	Modelos obtenidos mediante algoritmos de minería de datos, así como reglas de diseño instruccional utilizando los estándares definidos al efecto como IMS-LD
Interfaz	Las funcionalidades del módulo de Interfaz las tendrá la aplicación botblogo/bitblogo

El flujo de trabajo de un sistema tutor consiste en la ejecución cíclica de las siguientes etapas:

- **Construcción del curso:** El profesor construye el curso proporcionando la información del modelo dominio (Objetos de Aprendizaje relacionados) y el modelo pedagógico (Diseño instruccional). El módulo Interfaz ya viene determinado por la herramienta botblogo/bitblogo. La información restante, modelo del tutor y modelo del alumno normalmente vienen dadas o adquiridas por el propio sistema. Una vez que el profesor finaliza la elaboración del curso, entonces, el contenido del mismo puede ser publicado en la plataforma para que los alumnos puedan utilizarlo de forma remota.
- **Ejecución del curso:** El estudiante se conectará al sitio que alberga la aplicación, usando un navegador Web, para realizar el curso. Durante esta etapa, se recoge la información utilizada, de forma transparente para el alumno y se almacena en el servidor en una base de datos (ficheros históricos o logs).
- **Minería de Datos:** Consiste en la aplicación de técnicas de descubrimiento de conocimiento sobre los datos de utilización recogidos en la etapa anterior de ejecución del curso. Esta etapa se añadiría a la etapa de evaluación del curso de la metodología clásica. El objetivo es procesar toda la información almacenada en el sistema, previo preprocesado y colocación en un sistema de gestión de bases de datos que garantice una manipulación más rápida de dicha información. Una vez transferidos los datos, el diseñador del curso puede aplicar los algoritmos de minería de datos y descubrir relaciones importantes entre éstos.

- **Mejora del Curso:** El sistema de control, ayudado por la información que se le suministra en forma de relaciones importantes descubiertas entre los datos, lleva a cabo las modificaciones que crea más apropiadas para mejorar el rendimiento del curso (orientado a solventar carencias, corregir problemas o mejorar determinados aspectos del mismo). Esta tarea se puede realizar de forma manual por el profesor o mediante el sistema de control adaptativo autónomo bajo la supervisión del profesor



Flujo de trabajo de un Sistema Tutor Inteligente

En este caso lo que se plantea es que el proceso de mejora del curso se haga de forma automática, adaptativa y lo más dinámica posible, no haciendo necesaria la interacción con el profesor para recomendarle al alumno recursos adecuados al momento en que se encuentre de su proceso de aprendizaje. Con este fin se incorpora una realimentación de los objetivos. Las realimentaciones internas se producen en “tiempo real”, es decir, cuando se finaliza una unidad didáctica se toman los valores de los resultados de todos los alumnos para inferir la nueva ruta de aprendizaje de la siguiente unidad didáctica. En cambio, la velocidad de la realimentación exterior es más lenta, revisándose los objetivos y resultados con la finalización del curso.

En una primera etapa, el sistema tutor se encontrará en fase entrenamiento, asimilando información sobre el comportamiento de los estudiantes, procesando la misma y determinando los comportamientos con mejores resultados de forma de poder asesorar en un futuro a los nuevos estudiantes. Por todo ello, en la primera fase, el comportamiento del tutor será más simple, sin tantas recomendaciones o con recomendaciones menos elaboradas. Los procesos de minería de datos comenzarán a dar sus resultados en una segunda fase.

3. Modelo del Alumno

La característica principal de los Sistemas Tutores Inteligentes es que todos los alumnos puedan aprender, a pesar de sus diferentes estilos de aprendizaje. Para ello es necesario detectar de qué modo aprenden los alumnos, y en función de ello presentar los materiales de enseñanza (contenidos, tareas, cuestionarios, etc.) acordes al mismo.

El modelo del alumno contiene dos sub-modelos distintos:

- Dinámico: Representa el estado de conocimiento del alumno.
- Estático: Representa las características cognitivas y preferencias de aprendizaje del estudiante.

La información dinámica se obtiene de la interacción del usuario y valora el nivel de conocimiento que va adquiriendo. Para ello se emplea información que registran todas las acciones del usuario en el módulo interfaz (tiempo medio de respuesta, intentos para resolver un problema, páginas consultadas, etc.) así como los resultados obtenidos en los cuestionarios que evalúan cada objeto de aprendizaje.

La información estática la determina el estilo de aprendizaje del alumno y se puede obtener a través de la utilización de algoritmos de aprendizaje automático con el objetivo de extraer patrones de comportamiento. Además de los estilos de aprendizaje, el modelo del alumno lo conforma también el nivel de conocimiento, los intereses y los objetivos del estudiante.

Los dos submodelos del Alumno, alimentan a varios aspectos o rasgos que caracterizan el Modelo Tutor, definiendo la adaptabilidad del STI. Con estas relaciones se establece el método pedagógico de enseñanza adaptativo, los contenidos adecuados (secuenciación de los recursos u objetos de aprendizaje) y el modo de presentarlos, todo ello con el fin de planificar la ruta de aprendizaje óptima para el alumno en función de su perfil o modelo de aprendizaje. Por otro lado, también realimentan el Modelo del Dominio, indicando las preferencias del alumno con respecto al aspecto y al conjunto de herramientas que configuran la interfaz de usuario del LMS.

Todos los parámetros que describen a un estudiante se definen en meta datos estándar para la descripción del usuario. Los estándares son un modo de almacenamiento de la información del alumno (incluyendo progreso y calificaciones), creados con el fin de permitir la transferencia de la misma a través de distintas aplicaciones.

Algunos estándares implicados en el modelo del alumno son los siguientes:

- **IMS-RDCEO:** La especificación RDCEO (Reusable Definition of Competency or Educational Objective) de IMS [2] permite la descripción, referencia e intercambio de definiciones de competencias principalmente orientadas al contexto de la enseñanza en línea y a distancia.
- **IMS LIP:** La especificación LIP (Learner Information Package) de IMS [3] permite el almacenamiento de información sobre los alumnos para su procesamiento, mantenimiento e interoperabilidad en distintos sistemas de gestión del aprendizaje.

3.1. Estilo de Aprendizaje

Los estilos de aprendizaje designan una combinación de características cognitivas, afectivas y otras psicológicas que sirven como indicadores estables relativos al modo en que el alumno percibe, interactúa y responde al entorno de aprendizaje. De esta manera, un estilo de aprendizaje se define como unas preferencias o resistencias características en el modo en que el alumno adquiere y procesa la información, y ello determina la forma única de aprender que tiene cada alumno. En el modelo de Felder [4], se definen diferentes dimensiones relativas a cómo las personas procesan la información de modo que cada dimensión tiene dos posibles valores, los cuales se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla: Estilos de Aprendizaje

Dimensión	Estilo	Descripción
Procesamiento	Activo	Tiende a hacerlo mejor cuando puede trabajar en ello y en realidad experimenta o manipula cosas manualmente
	Reflexión	Prefiere pensar las cosas a fondo antes de actuar
Percepción	Sensorial	Se orienta hacia hechos y datos concretos
	Intuitiva	Prefiere lo conceptual y teórico a lo concreto
Entrada	Visual	Prefiere ver lo que está aprendiendo a través de gráficos, diagramas e imágenes
	Verbal	Tiene mayor éxito cuando oye o lee la información con palabras
Comprensión	Secuencial	Prefiere disponer la información de forma lineal y ordenada
	Global	Prefiere ver la imagen del conjunto primero

Existen varias formas de obtener el estilo de aprendizaje de un estudiante:

- **Cuestionario:** Realización por parte del estudiante de un cuestionario diseñado al efecto. El cuestionario estándar sobre el Índice de Estilos de Aprendizaje [5] está formado por 44 preguntas, de modo que hay 11 cuestiones para cada una de las 4 dimensiones (distribuidas desordenadamente en el formulario). Existen dos posibles respuestas para las preguntas, cada una definiendo un valor distinto de la dimensión. En este caso, si el sistema objetivo permite que las dimensiones relevantes no sean todas se podría reducir las preguntas a únicamente las estrictamente necesarias por ejemplo entrada y comprensión.
- **Análisis del comportamiento:** Se diagnostican los estilos de aprendizaje a partir del estudio del comportamiento del estudiante al interactuar con el interfaz de usuario. Para ello se deben recoger las actuaciones del estudiante con la interfaz aplicando posteriormente técnicas de minería de datos. Por ejemplo, se podrían modelar los diferentes aspectos del comportamiento de un estudiante mientras éste trabaja en el sistema educativo basado en Web mediante Redes Bayesianas. Para ello, mediante la asistencia de un experto se construye un grafo que contiene las variables de interés (tres de las dimensiones de Felder: percepción, procesamiento y comprensión), las relaciones entre las mismas y se asigna una distribución de probabilidad para cada nodo del grafo que indica la importancia de las relaciones modeladas [6].
- **En base a registros históricos:** El enfoque se basa en encontrar, a medida que el alumno interactúa con el sistema, un caso que sea similar al dominio de aprendizaje de un antiguo alumno en un entorno distribuido. Otra forma de hacerlo es inferir una base de reglas a partir de estos datos históricos mediante el reconocimiento y clasificación de patrones y a continuación se modelan estos datos mediante el método estadístico de los Modelos de Markov Ocultos (Hidden Markov Model, HMM), para tener en consideración la secuencia con la que se han realizado las acciones del alumno [7].

3.2. Nivel de Conocimiento

El modelo de conocimiento del alumno más generalizado entre los trabajos de e-learning, es el que se basa en la taxonomía de Bloom [8], que considera seis niveles de conocimiento (conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación), en orden creciente de competencia.

El alumno adquiere estos niveles a través del proceso de aprendizaje, por medio del estudio de los objetos de aprendizaje de las materias del curso y de la actuación con las actividades asociadas. Mientras que el estilo de aprendizaje es algo inherente al estudiante, el nivel de conocimiento es el conocimiento adquirido por el estudiante con respecto a una competencia o un objetivo didáctico. De modo que el nivel de conocimiento puede ser adquirido dinámicamente a través de las interacciones del usuario con el sistema. El nivel de conocimiento de un estudiante de un objetivo se puede describir por medio de un atributo que toma uno de los posibles valores: principiante, medio o experto [9]. Por lo que la especificación de su nivel de conocimiento se puede definir mediante la siguiente tabla:

Tabla: Objetivos según la Taxonomía de Bloom.

Objetivo Bloom	Descripción	Nivel
Conocimiento	Recuerda un hecho sin una comprensión real del significado	Principiante
Comprensión	Capta el significado del material	
Aplicación	Puede usar el material aprendido en situaciones nuevas y específicas	Medio
Análisis	Puede dividir un problema completo en diferentes partes	
Síntesis	Puede unir diferentes partes con el objetivo de crear nuevas entidades	Experto
Evaluación	Puede sopesar valores de una materia con un propósito específico.	

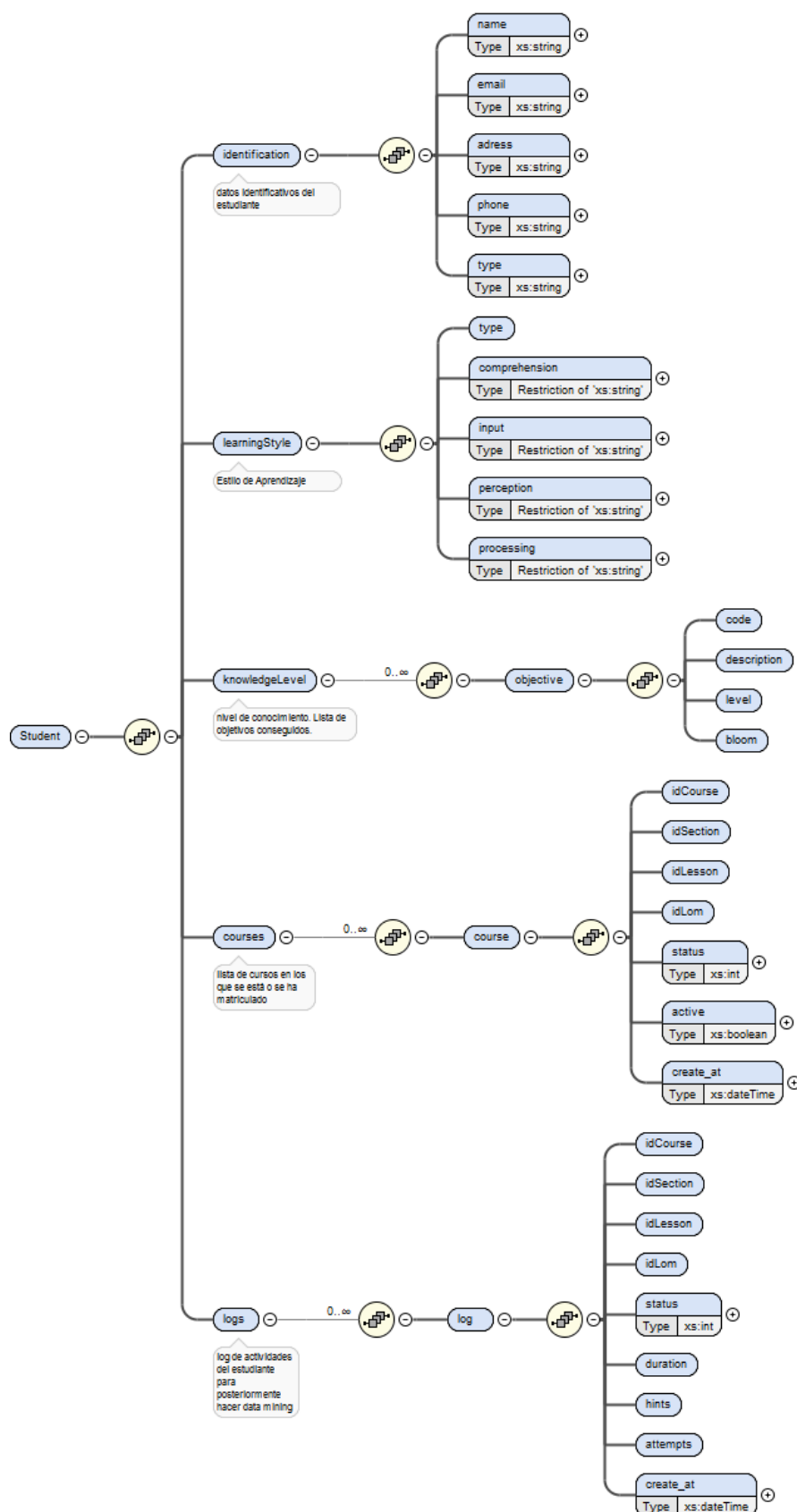
Se almacenan estos valores en el Perfil del Estudiante, de acuerdo con la especificación del estándar IMS-LIP y se definen los niveles de competencia a través de la herramienta IMS-RDCEO. En [10] se presentan unos índices de seguimiento capaces de describir la actitud del estudiante durante el proceso de aprendizaje y un modelo matemático para implementarlo. La parte del sistema tutor ocupada del seguimiento del alumno determina cuánto está aprendiendo y qué temas le son más difíciles. Para ello controla el tiempo de estudio, es decir, el tiempo que el alumno emplea cuando se encara con un Objeto de Aprendizaje, el nivel de preparación y el interés por determinados tipos de recursos (contabilizando las veces que se repite una actividad, qué secuencia de recursos con una dificultad dada se han consultado y la nota que obtiene en el control final). Los parámetros están definidos en metadatos estándar para la descripción del usuario como IMS-LIP.

3.3. Datos del Alumno

Los datos que definirán a un alumno son los siguientes:

- **Datos de identificación personal**
- **Estilo de aprendizaje:**
 - Tuplas dimension/estilo, por ejemplo: procesamiento/activo
 - Se puede añadir una agrupación superior de perfiles con respecto a los valores de las dimensiones de estilos de aprendizaje (resultado de la aplicación de un algoritmo de clustering).
- **Nivel de conocimiento:** Se puede establecer para cada curso y para cada unidad didáctica, y se definirán a partir de la taxonomía de Bloom mediante tuplas objetivo/nivel, por ejemplo, conocimiento/principiante, aplicación/medio. Además, se distinguen dos niveles del mismo.
 - **Inicial:** se extrae de un cuestionario inicial sobre los temas a cursar
 - **Actual:** se infiere a partir de la actuación del alumno en el curso (realización de actividades, resultados obtenidos) mediante la utilización de técnicas de minería de datos
- **Motivación:** Los atributos de esta entidad son los siguientes: Carácter (intrínseca, extrínseca), nivel (dominante, pasivo) y confianza (alta/baja). El valor de los atributos se ve reforzado o complementado gracias a los datos que se extraen de la interacción del usuario con el curso [11]. Esta parte se desarrollará en futuras versiones.
- **Información sobre la Actividad:** La interacción del Alumno con las Tareas en la Interfaz produce una serie de datos entre los que se puede distinguir los informes de resultados de la realización de las tareas y los datos propios de interacción: duración de la actividad, recursos consultados, tareas realizadas, resultados obtenidos, etc. El análisis de esta información de los ficheros log y los resultados mediante la aplicación de algoritmos de minería de datos proporciona el progreso del alumno, que se puede descomponer en resultados o logros que afectarán a la motivación del alumno y en el nivel de conocimiento actual o aprendizaje adquirido hasta la fecha. Algunos datos que pueden ser registrados para la realización de cada actividad pueden ser los siguientes: hora de Comienzo, hora de comienzo de la primera vez que accedió, hora en la que terminó la actividad, tiempo acumulado que ha pasado el alumno en la actividad, número de intentos erróneos, número de pistas solicitadas, número de intentos correctos (si repite la actividad), etc. Estos datos se almacenarán en forma de registro para que, aplicando minería de datos junto con la información almacenada se sea capaz de determinar la ruta de aprendizaje a seguir, que contendrá una serie de actividades a realizar en una temporalización concreta.

El modelo de datos básico que se debe utilizar para gestionar la información correspondiente al alumno es el siguiente:



Esquema de datos del Modelo del Alumno

4. Modelo de Dominio

La información almacenada en el modelo del dominio permite al STI comparar las acciones y elecciones del estudiante con las especificadas por el experto, con el objetivo de evaluar lo que el usuario conoce y desconoce. Contiene la descripción del conocimiento o comportamiento que representa el dominio o campo de la enseñanza, es decir, los recursos educativos del curso.

Un curso está estructurado en diferentes secciones y lecciones que corresponderán a unidades didácticas de trabajo. Cada una de estas unidades didácticas están formadas por Objetos de Aprendizaje (OA). Estos OA están definidos mediante metadatos siguiendo el estándar IEEE LOM (Learning Object Metadata)¹. Éste estándar presenta un modelo de datos con el fin de disponer de una descripción significativa de objetos de aprendizaje y otros recursos digitales similares usados para el apoyo al aprendizaje. Su propósito es ayudar a la reutilización de dichos objetos y facilitar su difusión y uso a escala internacional en el contexto de los sistemas de aprendizaje.

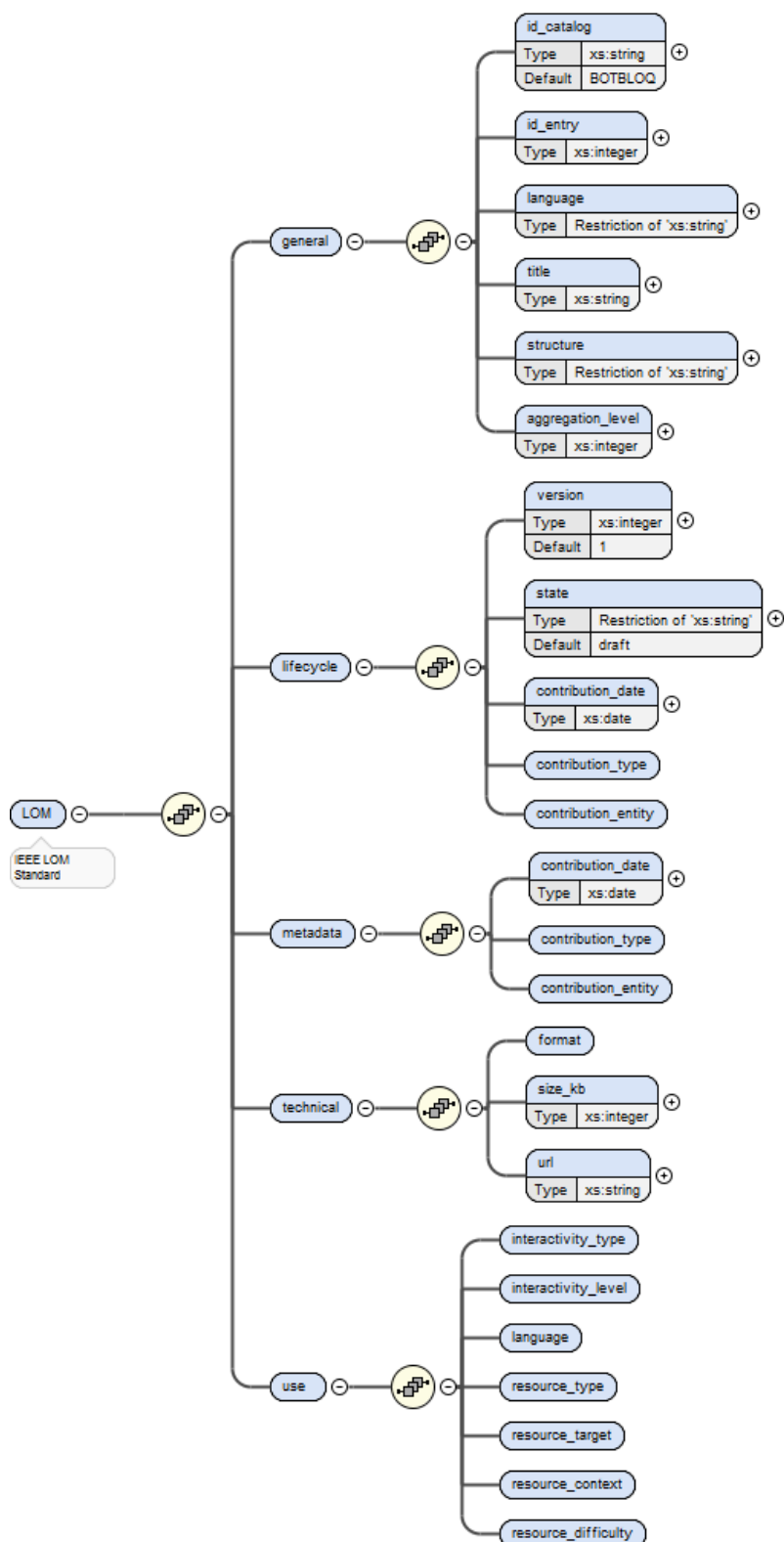
4.1. Objetos de Aprendizaje

El estándar IEEE LOM considera un OA, como cualquier entidad digital o no digital, que puede ser utilizada, reutilizada o referenciada durante el aprendizaje asistido por la tecnología, como sistemas de instrucción basados en computador, sistemas de educación a distancia, tutores inteligentes, entre otros. Para efectos del presente proyecto, se define un OA como un elemento reciclable con contenido multimedia que tiene un propósito instructivo y cumple con alguna especificación tecnológica. Esto engloba a cualquier entidad digital desarrollada siguiendo un diseño instruccional [23], que puede utilizarse, reutilizarse o referenciarse para el aprendizaje.

El estándar IEEE-LOM establece un esquema conceptual para la representación de metadatos de un objeto de aprendizaje. Define una estructura jerárquica formada por 9 categorías (general, metadata, technical, educational, rights, relation, annotation, classification). Cada categoría contiene elementos (68 en total) que pueden almacenar otros elementos o valores, como analogía a las ramas y hojas de un árbol. Su estructura es lo suficientemente flexible como para incorporar nuevos metadatos así como definir vocabularios controlados para sus valores.

El modelo básico de datos que se debe utilizar para gestionar los objetos de aprendizaje siguiendo el estándar IEEE-LOM es el siguiente:

¹ <https://standards.ieee.org/findstds/standard/1484.12.1-2002.html>



Esquema de Datos de los Objetos de Aprendizaje (metadatos)

4.2. Ruta de Aprendizaje

El componente principal del modelo de dominio será la Ruta de Aprendizaje (Learning Path) que gestionará el Modelo Tutor. Esta Ruta de Aprendizaje contiene los LOM y la secuenciación a aplicar para definir la unidad didáctica, que se debe materializar en una serie de tareas que vienen diseñadas y condicionadas por el Curso y que se ofrecen al Alumno a través de la Interfaz de Usuario. La Ruta de Aprendizaje se define por los siguientes atributos:

1. **Secuenciación**, que es un listado de todas las actividades o tareas planificadas para la Unidad Didáctica,
2. **Temporalización**, que establece el orden y el tiempo necesario para dedicarle a cada tarea.

De los datos recogidos en las sesiones de los alumnos se podrán aplicar algoritmos de minería de datos con el fin de extraer el nivel de conocimiento, los resultados y competencias actuales del alumno:

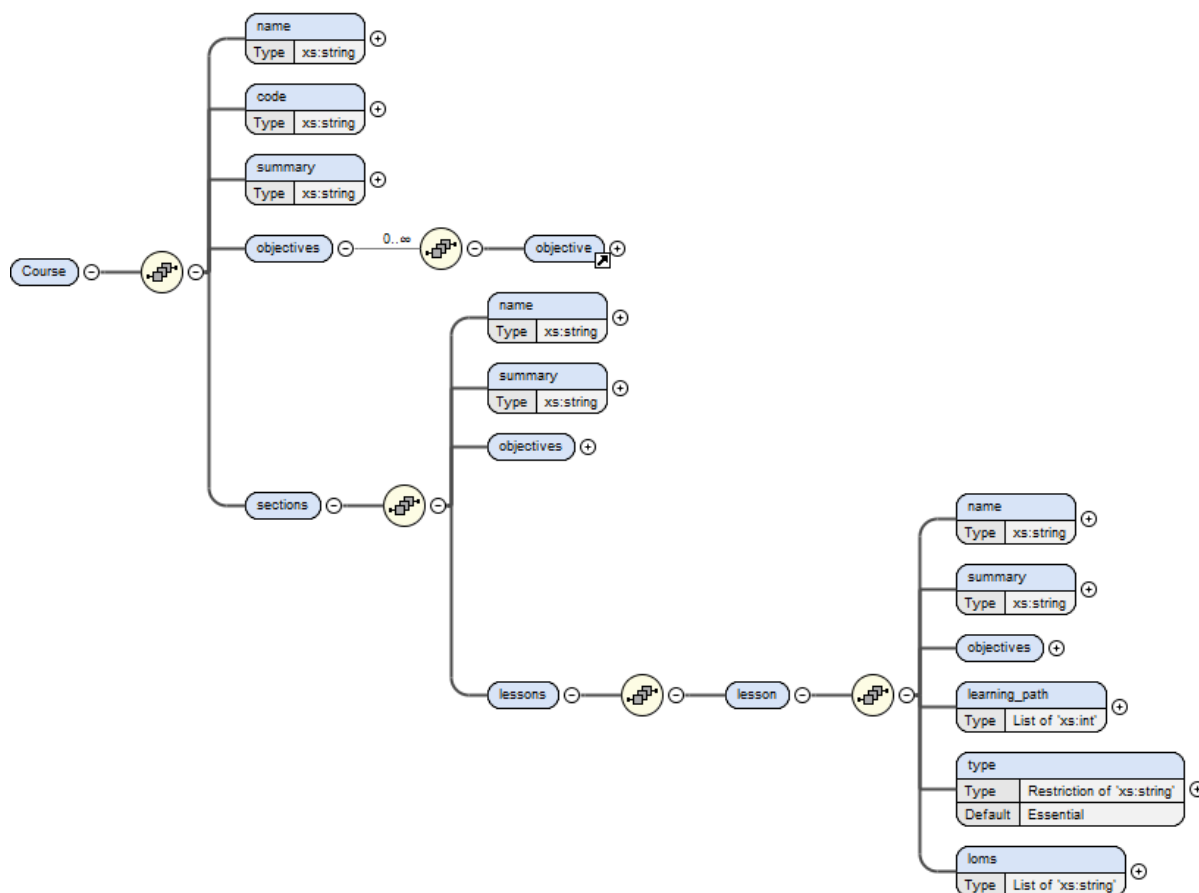
1. **Nivel de Conocimiento:**
2. **Resultados:**
 - a. **Confianza:** Cuantifica el número de intentos o las revisiones que necesita el alumno para superar una tarea. (Baja, Alta),
 - b. **Nota:** Valores con los que se califica o evalúa la actuación del alumno en las pruebas (Insuficiente, Suficiente, Bien, Notable, Sobresaliente),
 - c. **Rendimiento:** cociente entre las notas obtenidas por el alumno y el tiempo invertido en el estudio de curso. Puede ser Bajo, Medio, Alto.
3. **Competencia actual:** Nivel de cumplimiento de las competencias generales y específicas del curso que el alumno tiene en este momento.

Se asume que la ruta de aprendizaje de un curso se puede representar mediante un grafo dirigido donde los nodos representan los elementos a aprender del curso y los arcos representan la ruta a seguir entre un nodo y otro. Teniendo en cuenta un modelo de curso estándar se deben tener diversos grafos indicando el orden a seguir:

1. entre las secciones del curso.
2. entre las lecciones de cada sección.
3. entre los objetos de aprendizaje de cada lección.

Si asumimos que un curso consta de una única sección, donde están contenidas todas las lecciones del curso, y hacemos corresponder cada lección con un único objeto de aprendizaje, el único grafo que necesitaremos será el que especifica el orden a seguir entre las lecciones del curso. Para modelar el grafo se utiliza el esquema `learning_path`, el cual incluye: la lista de nodos iniciales mencionada y el grafo 'path'.

El modelo básico de datos que se debe utilizar para gestionar la información correspondiente al curso es la siguiente:



Esquema de Datos del Curso

5. Modelo del Tutor

El Modelo del Tutor codifica los métodos de enseñanza que son apropiados para el dominio objetivo y el estudiante. Es el motor de ejecución del sistema adaptativo. En función del conocimiento, nivel de experiencia y estilos de aprendizaje de los alumnos, el Modelo del Tutor selecciona la intervención educativa más adecuada. Ésta se realiza comparando el Modelo del Alumno Dinámico con los resultados esperados del Modelo del Dominio (Curso), las discrepancias observadas son señaladas al Modelo Tutor que toma una acción correctiva acorde.

El flujo de trabajo cuando un alumno entra a un curso según el Sistema Tutor es el siguiente:

1. **Selección del método pedagógico más adecuado** (que responde a la pregunta ¿cómo enseñar?) a partir de los datos proporcionados por el Modelo del Alumno Estático (el estilo de aprendizaje). Como resultado se dará preferencia a los tipos de materiales multimedia que le gustan (videos, documentos, etc.). El método pedagógico va a ser una entidad compuesta por tres atributos:
 - a. **Tipo** [12]: Instruccional, orientador, socrático, constructivista, cooperativo y contextual.
 - b. **Autonomía**, que mide el grado de investigación, búsqueda y autoaprendizaje del alumno.
 - c. **Guiado**, que indica qué actor es el encargado de ofrecer ayuda y consejo en el proceso de aprendizaje, el tutor o profesor o bien, los compañeros del curso o los iguales del alumno.
2. **Selección de objetos de aprendizaje**: Una vez que se dispone de lo especificado en el curso y el Modelo del Alumno Dinámico (nivel de conocimiento o dónde se encuentra en el curso en ese momento) se seleccionan los LOM que mejor se ajustan a sus necesidades (qué enseñar). Estos dos bloques sirven para planificar la ruta de aprendizaje. Los atributos de los objetos LOM vienen definidos por el estándar. Éstos pueden ser ampliados para dar lugar a tareas que serán la especificación final de lo realizado por el alumno en la aplicación.
3. **Planificar la Ruta de Aprendizaje**: Los dos bloques anteriores sirven para planificar la Ruta de Aprendizaje.

La Ruta de Aprendizaje general del curso especifica la ruta obligatoria a seguir por los diferentes alumnos, así como las diferentes ramas o caminos que puede elegir para completar los diferentes tópicos del curso. Dicha ruta engloba todas las diferentes posibles rutas a seguir en el curso. Los diferentes objetos de aprendizaje contenidos en la misma permiten evaluar el avance del alumno y su capacidad de aprendizaje, existiendo materiales para los alumnos aventajados y otros para los alumnos con dificultades que necesitan un reforzamiento. En base a estos criterios y al desempeño obtenido por el alumno durante el curso, el sistema aconsejará al mismo cuáles caminos puede o no seguir.

Por otra parte, el componente inteligente del sistema procesa el desempeño obtenido por los diferentes estudiantes durante el curso, recopilando una historia de los aciertos y dificultades enfrentadas por dichos alumnos. En base a dichos comportamientos se irán conformando patrones más probables del desempeño de los alumnos. En la medida en que un nuevo alumno comience a transitar a través de la ruta de aprendizaje y teniendo en cuenta las características propias del alumno detectadas mediante la encuesta inicial, se busca asociar al alumno a algunos de los patrones de comportamiento ya detectados por el sistema. Dicho patrón se utilizará para determinar cuáles recomendaciones hacerle al alumno.

Consideramos que resulta aconsejable dar la posibilidad de que el alumno pueda rehacer alguna lección que ya haya estudiado anteriormente (porque quiere practicar, porque le gusta, etc.).

Con el fin de caracterizar dentro de botbloop cada una de las lecciones u objetos de la ruta de aprendizaje se definirán cada una de estas categorías;

- **Imprescindible:** Se explica el objeto de aprendizaje.
- **Refuerzo:** Se practica el objeto de aprendizaje, introduciendo cómo programar componentes del kit.
- **Ampliación:** Se explican cosas interesantes, pero no imprescindibles.
- **Opcional:** Son las lecciones que no es necesario incluir

En este caso el estudiante comenzará realizando un objeto de aprendizaje imprescindible, posteriormente realizará al menos uno de los objetos de aprendizaje destinados al refuerzo. A partir de ahí, los alumnos que hayan obtenido un bajo rendimiento (i.e. alumnos que tengan un acumulado por debajo de 70%) deberán realizar más actividades de refuerzo. Por otro lado, una vez superada la unidad se podrán realizar las actividades de ampliación siempre y cuando sean estudiantes con muy buenos resultados, que tienen la capacidad de sobrepasar los objetivos normales, aunque considerándolos como opcionales, en el sentido de que no son obligatorios. Al igual que en el caso anterior, se puede considerar alto rendimiento aquellos alumnos que tengan un acumulado por encima de 90%.

6. Módulo Interfaz

Los requisitos básicos de una plataforma o sistema de gestión para la enseñanza (LMS) son los siguientes:

1. Proporciona el acceso a los contenidos del curso.
 - a. El contenido de los cursos puede ser texto simple, documentos, archivos multimedia o contenido interactivo
 - b. El estudiante accede al sistema a través de un navegador Web que aloja el contenido del curso.
2. Administra los estudiantes, sus puntuaciones y la verificación de los resultados y los objetivos alcanzados
3. Dispone de herramientas de comunicación para fomentar el trabajo colaborativo o en grupo de los estudiantes.

Para determinar si elegir un LMS open source como Moodle o definir nuestra propia plataforma LMS que será desarrollada dentro del ecosistema bitbloq/botbloq se han utilizado las siguientes dimensiones [13]: Gestionabilidad, Adaptabilidad, Flexibilidad, Interactividad e Interoperabilidad. Estas dimensiones se han dividido en diferentes criterios de los que se ha establecido, en primer lugar, su relevancia para el cumplimiento de los objetivos del proyecto (nula, baja, media, alta), y posteriormente se determina si están cubiertos por una plataforma open source como Moodle y como deberían estar cubiertos por los recursos que proporciona el ecosistema bitbloq/botbloq y los desarrollos planteados en este mismo proyecto.

Gestionabilidad: Que el sistema pueda obtener y trazar la información adecuada sobre el usuario y el contenido.

Tabla: Evaluación de los criterios de Gestionabilidad

Criterio	Relevancia	Moodle	bitbloq
Autenticación de usuario	Alta	Si	Si
Asignación de privilegios	Alta	Si	Si
Registro de estudiantes	Alta	Si	Si
Grupos de Trabajo	Baja	Si	No
Autovaloraciones	Baja	Si	No
Modelo del alumno	Alta	No	Tutor

Adaptabilidad: Conjunto de funcionalidades que permiten que el sistema tenga una adaptación automática de la estructura del LMS, conforme a la estructura de cursos que se pretenda utilizar.

Tabla: Evaluación de los criterios de Adaptabilidad

Criterio	Relevancia	Moodle	bitbloq
Guiado adaptativo	Alta	No	Tutor
Anotación de enlaces	Nula	No	No
Ocultación de enlaces	Media	No	SI
Personalización del Entorno	Media	Si	Si
Arquitectura extensible	Alta	Si	Si
Seguimiento del estudiante	Alta	Si	Tutor
Administración del curso	Alta	Si	Si
Test/notas automáticas	Nula	Si	No
Administración del curso	Alta	Si	Si
Apoyo creador curso	Nula	Si	No
Plantillas	Nula	Si	No
Repositorios	Media	Si	Repositorios OA
Soporte a ontologías	Media	Si	Tutor

Flexibilidad: conjunto de funcionalidades que permiten que el sistema tenga una adaptación fácil en la organización donde se quiere desarrollar e implantar, es decir, el ecosistema bitbloq/botblogo.

Tabla: Evaluación de los criterios de Flexibilidad

Criterio	Relevancia	Moodle	bitbloq
Ecosistema de funcionamiento	Alta	No	Si
Adecuación a planes de estudio	Alta	Si	Si
Contenidos Pedagógicos a ofrecer	Alta	No	Si

Interactividad: disponer de un conjunto de herramientas que permiten que la persona que está usando la plataforma tenga conciencia de que es el protagonista de su formación.

Tabla: Evaluación de los criterios de Interoperabilidad

Criterio	Relevancia	Moodle	bitbloq
Interacción Síncrona (Chat)	Nula	Si	No
Interacción asíncrona (Correo/Foro)	Baja	Si	Si
Gestión de Archivos	Media	Si	Si
Calendario	Baja	Si	No
Blog/Wiki	Media	Si	Si
Encuestas	Media	Si	Si

Interoperabilidad: los cursos están disponibles para la organización que los ha creado y para otras que cumplen con el estándar. Además, en cuanto a la programación es muy importante que el sistema se pueda integrar fácilmente en el ecosistema bitbloq/botbloq.

Tabla: Evaluación de los criterios de Interoperabilidad

Criterio	Relevancia	Moodle	bitbloq
Estándares de definición de recursos	Alta	Si	Tutor
Estándares de definición de perfiles	Alta	Si	Tutor
Tecnología adecuada	Alta	No	Si

En el proceso de toma de decisiones sobre la mejor alternativa para gestionar el LMS, se ha recurrido a la teoría de Decisión Multicriterio Discreta (DMD) que constituye una herramienta para poder considerar el conjunto de objetivos o características que debe ofrecer nuestro sistema, buscando un compromiso o equilibrio. De esta forma, sobre las dimensiones y los criterios definidos se ha asignado un peso a cada uno en función de su relevancia para el sistema y se ha agregado el resultado. Como conclusión los desarrollos a afrontar en este proyecto podrían cubrir con solvencia los requisitos del mismo tanto desde el punto de vista del tutor como desde el punto de vista del LMS sin ser necesario la implantación y la adaptación de los sistemas ya existentes en la organización a una plataforma como Moodle.

De esta manera dispondremos del ecosistema bitbloq/botbloq para hacer disponible una plataforma que nos permita superar las limitaciones tecnológicas (integración con el ecosistema) y pedagógicas (presentación y secuenciación de recursos educativos). En la siguiente tabla se pueden observar una serie de requisitos que deben cumplir los diferentes componentes de nuestra plataforma con el fin de cumplir las características requeridas en cuanto a gestión del aprendizaje

Tabla: Requisitos de los componentes para soportar la Interfaz del tutor

Componente	Requisitos
Bitbloq/botbloq	Ocultación de enlaces, Personalización del entorno, Arquitectura extensible, Administración del curso, Autenticación de usuario, Asignación de Privilegios, Registro de Estudiantes, Herramientas de interacción asíncrona, gestión de archivos, Bloq/Wiki, Encuestas.
Tutor	Guiado Adaptativo, Seguimiento del estudiante, Soporte a Ontologías, Soporte de Estándares, Modelo del Alumno
Repositorios OA	Repositorios de Objetos de Aprendizaje, Soporte de Estándares

El módulo interfaz del sistema tutor planteado debe estar integrado en el Sistema de Gestión de Aprendizaje. Este módulo es el encargado de realizar la interacción del alumno para el avance de su proceso de enseñanza y aprendizaje. En este caso el módulo interfaz lo formará el programa bitbloq/botbloq que contendrá de esta manera la parte de gestión del aprendizaje que sea necesaria, así como la parte de interacción con el alumno.

7. Algoritmos de Minería de Datos

Los algoritmos para minería de datos llevan a cabo tareas descriptivas, como el descubrimiento de relaciones o el reconocimiento de patrones, o tareas predictivas, como la clasificación o el ajuste de modelos que permiten predecir el comportamiento. El conocimiento descubierto se filtra para la toma de decisiones y se emplea para realimentar el ciclo del proceso de enseñanza y aprendizaje del sistema educativo a distancia.

La aplicación de técnicas de minería de datos en educación se puede ver desde dos puntos de vista u orientaciones distintas [14], en función de si va orientado hacia los tutores o desarrolladores de los STI, el objetivo es ayudarlos a mejorar el funcionamiento o rendimiento de los sistemas a partir de la información de utilización de los alumnos, o si en cambio, está encaminado hacia los alumnos, el objetivo es ayudarlos en su proceso de aprendizaje.

La meta de aplicar las técnicas de minería de datos a los sistemas e-learning es la de poder obtener clasificaciones y agrupamientos, por ejemplo, agrupar a los usuarios por su comportamiento de navegación, agrupar las páginas por su contenido, tipo o acceso, agrupar los comportamientos de navegación similares, etc.

La minería de datos aplicada a sistemas tradicionales de e-learning suele utilizar solamente la información proporcionada por los ficheros log capturados por los servidores Web y las preferencias personales de los estudiantes. Por otro lado, la minería de datos aplicada a STI o AIWBES, suele disponer de mayor información en los ficheros log como es la interacción entre el estudiante y el sistema sobre las actividades realizadas, los aciertos y fallos, las notas y niveles de conocimiento, etc. Todos estos factores que determinan las características del alumno en el proceso de enseñanza y aprendizaje que se han mencionado en el modelo del alumno.

El sistema de diagnóstico de aprendizaje inteligente descrito en [15] permite, a partir de los archivos log del comportamiento de aprendizaje de los alumnos, el guiado y la asistencia de los alumnos para mejorar su aprendizaje y la evaluación de su participación en clase, prediciendo el éxito de los alumnos. El sistema tiene dos partes: un sistema experto borroso que aconseja al alumno en el proceso de aprendizaje y evalúa su participación en cada actividad en función de su perfil y de un clasificador compuesto que predice el éxito del alumno en las notas finales. El clasificador compuesto está formado por tres clasificadores independientes (los k vecinos más próximos, métodos bayesianos y máquinas de vectores soporte) cuya salida representa una decisión más fiable y precisa que los clasificadores simples.

Referencias

- [1] Wiley, D. A. (2002). Learning objects—a definition. Education and technology: An encyclopedia. Santa Barbara: ABC-CLIO.
- [2] IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective - Information Model Version 1.0 Final Specification, 2002,
- [3] IMS Learner Information Package Summary of Changes Version 1.0.1 Final Specification 2005, <http://www.imsglobal.org/profiles/index.html>
- [4] Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. Engineering education, 78(7), 674-681.
- [5] Felder, R. M., & Soloman, B. A. (2001). Index of learning styles questionnaire. North Carolina State University.
- [6] García, P., Amandi, A., Schiaffino, S., & Campo, M. (2007). Evaluating Bayesian networks' precision for detecting students' learning styles. Computers & Education, 49(3), 794-808.
- [7] Cha, H. J., Kim, Y. S., Park, S. H., Yoon, T. B., Jung, Y. M., & Lee, J. H. (2006). Learning styles diagnosis based on user interface behaviors for the customization of learning interfaces in an intelligent tutoring system. In International Conference on Intelligent Tutoring Systems (pp. 513-524). Springer Berlin Heidelberg.
- [8] Bloom, B. S. (1964). Taxonomy of educational objectives (Vol. 2). New York: Longmans, Green.
- [9] Baldiris, S., Santos, O. C., Barrera, C., Boticario, J., Velez, J., & Fabregat, R. (2008). Integration of Educational Specifications and Standards to Support Adaptive Learning Scenarios in ADAPTAPlan. IJCSA, 5(1), 88-107.
- [10] Paquette, G., Léonard, M., Lundgren-Cayrol, K., Mihaila, S., & Gareau, D. (2006). Learning design based on graphical knowledge-modelling. Educational Technology & Society, 9(1), 97-112.
- [11] Cabanach, R. G. (1996). Una aproximación teórica al concepto de metas académicas y su relación con la motivación escolar. Psicothema, 8(1), 45-61.
- [12] Perkins, D. (1995). Escuela Inteligente (Vol. 17). Barcelona: Gedisa.
- [13] Boneu, J. M. (2007). Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenidos educativos abiertos. RUSC. Universities and Knowledge Society Journal, 4(1).
- [14] Romero, C., & Ventura, S. (2007). Educational data mining: A survey from 1995 to 2005. Expert systems with applications, 33(1), 135-146.
- [15] Huang, C. J., Liu, M. C., Chu, S. S., & Cheng, C. L. (2007). An intelligent learning diagnosis system for Web-based thematic learning platform. Computers & Education, 48(4), 658-679.