

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN  
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN COMPUTACIÓN



**Desarrollo de un modelo de usuario basado en  
ontologías**

TESIS SOMETIDA A CONSIDERACIÓN DEL  
DEPARTAMENTO DE COMPUTACIÓN, PARA OPTAR POR  
EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE EN COMPUTACIÓN  
CON ÉNFASIS EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Ing. Mauricio Ramírez-Mora

Profesor asesor:  
PhD Mario Chacón-Rivas

Junio 2016



---

# Índice general

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Lista de Acrónimos</b>                            | <b>ix</b> |
| <b>1 Introducción</b>                                | <b>1</b>  |
| 1.1. Motivación . . . . .                            | 4         |
| 1.2. Definición del problema . . . . .               | 6         |
| 1.3. Justificación del problema . . . . .            | 10        |
| 1.4. Pregunta de hipótesis . . . . .                 | 11        |
| 1.5. Objetivos . . . . .                             | 11        |
| 1.5.1. Objetivo general . . . . .                    | 12        |
| 1.5.2. Objetivos secundarios . . . . .               | 12        |
| 1.6. Organización del documento . . . . .            | 12        |
| 1.6.1. Innovación . . . . .                          | 13        |
| 1.6.2. Impacto . . . . .                             | 14        |
| 1.6.3. Profundidad . . . . .                         | 14        |
| <b>2 Marco teórico</b>                               | <b>15</b> |
| 2.1. Modelo de usuario . . . . .                     | 18        |
| 2.1.1. Características personales . . . . .          | 20        |
| 2.1.2. Estilos de aprendizaje . . . . .              | 21        |
| 2.2. Modelo de dominio . . . . .                     | 22        |
| 2.3. Modelo de conocimiento . . . . .                | 25        |
| 2.3.1. Técnicas de construcción del DM . . . . .     | 32        |
| 2.4. Ontologías . . . . .                            | 35        |
| 2.4.1. Definición formal de las ontologías . . . . . | 36        |
| 2.4.2. Clasificación de las ontologías . . . . .     | 37        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.4.3.   | Tipos de ontologías . . . . .                                    | 37        |
| 2.4.4.   | Ventajas del uso de ontologías . . . . .                         | 38        |
| 2.4.5.   | Sintaxis de las ontologías . . . . .                             | 39        |
| 2.4.6.   | Administración de las ontologías . . . . .                       | 41        |
| 2.4.7.   | Ejemplos de ontologías . . . . .                                 | 42        |
| 2.5.     | SPARQL . . . . .   | 46        |
| 2.6.     | Herramientas para el desarrollo del modelo . . . . .             | 51        |
| 2.7.     | Lógica descriptiva . . . . .                                     | 54        |
| 2.8.     | Comunicación con los sistemas externos . . . . .                 | 56        |
| 2.8.1.   | IMS-LIP . . . . .  | 57        |
| 2.8.2.   | IEEE PAPI . . . . .  | 58        |
| 2.9.     | Resumen del marco teórico . . . . .                              | 59        |
| <b>3</b> | <b>Análisis de los requerimientos</b>                            | <b>61</b> |
| 3.1.     | Casos de uso . . . . .   | 64        |
| 3.1.1.   | Registro de estudiantes . . . . .                                | 64        |
| 3.1.2.   | Registro de planes de estudio . . . . .                          | 65        |
| 3.1.3.   | Registro de materias . . . . .                                   | 65        |
| 3.1.4.   | Reportes . . . . .   | 67        |
| 3.2.     | Interacción con otros sistemas . . . . .                         | 68        |
| 3.2.1.   | Resumen de análisis de los requerimientos . . . . .              | 71        |
| <b>4</b> | <b>Desarrollo del modelo</b>                                     | <b>73</b> |
| 4.1.     | Características del modelo de usuario . . . . .                  | 73        |
| 4.2.     | Características del modelo de dominio . . . . .                  | 76        |
| 4.3.     | Características del modelo de conocimiento . . . . .             | 78        |
| 4.4.     | Información de dominio . . . . .                                 | 80        |
| 4.4.1.   | Descripción de las materias . . . . .                            | 81        |
| 4.5.     | Diseño de base de datos . . . . .                                | 85        |
| 4.6.     | Interfaz del sistema . . . . .                                   | 87        |
| 4.6.1.   | Desarrollo de la ontología en Protégé y Apache<br>Jena . . . . . | 87        |

|   |            |
|---|------------|
| Índice general                                    | III        |
| 4.6.2. Resumen de desarrollo del modelo . . . . . | 94         |
| <b>5 Conclusiones y Trabajos Futuros</b>          | <b>97</b>  |
| 5.0.1. Validación de la hipótesis . . . . .       | 99         |
| 5.0.2. Cumplimiento de los objetivos . . . . .    | 100        |
| 5.1. Hallazgos de la investigación . . . . .      | 101        |
| 5.2. Conclusiones de la investigación . . . . .   | 102        |
| 5.3. Trabajo futuro . . . . .                     | 102        |
| <b>Bibliografía</b>                               | <b>103</b> |



---

# Índice de figuras

---

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1.1. | Representación del KM basado en el DM . . . . .                 | 10 |
| 2.1. | Modelo de dominio con objetos de aprendizaje [47] . . . . .     | 23 |
| 2.2. | Relación entre temas y subtemas de conocimiento [56] . . . . .  | 24 |
| 2.3. | Modelo de dominio distribuido por capas [47] . . . . .          | 25 |
| 2.4. | Representación del KM basado en el DM . . . . .                 | 27 |
| 2.5. | Representación del modelo de sobreposición [38] . . . . .       | 28 |
| 2.6. | Representación del modelo de perturbación [38] . . . . .        | 35 |
| 2.7. | Ejemplo de ontología desarrollado por [45] . . . . .            | 44 |
| 3.1. | Integración de OBUM con los servicios del TEC Digital . . . . . | 70 |
| 4.1. | Representación de Modelo de Usuario . . . . .                   | 75 |
| 4.2. | Piramide de Bloom . . . . .                                     | 77 |
| 4.3. | Representación de Modelo de Dominio . . . . .                   | 79 |
| 4.4. | Representación de Modelo de Conocimiento . . . . .              | 80 |
| 4.5. | Base de datos de OBUM . . . . .                                 | 86 |
| 4.6. | Interfaz de administrador de OBUM . . . . .                     | 88 |





---

# Índice de tablas

---

|   |    |
|---|----|
| 2.1. Niveles de aprendizaje según Bloom y ejemplos de verbos que representan niveles de procesos cognitivos utilizados en la redacción de objetivos . . . . . | 30 |
| 2.2. Definición de los niveles de aprendizaje según Bloom . . . . .   | 31 |
| 2.3. Ejemplo de la representación de una ontología . . . . .  | 43 |
| 2.4. Ejemplo de información de estudiante . . . . .   | 45 |
| 2.5. Ejemplo de información de docentes . . . . .   | 45 |
| 2.6. Ejemplo de matrícula de estudiante . . . . .   | 45 |
| 2.7. Respuesta de la consulta de SPARQL . . . . .   | 49 |
| 2.8. Diferencias entre Protégé y las bases de datos. . . . .  | 52 |
| 2.9. Ejemplo de representación de información personal en base de datos. . . . .  | 53 |
| 4.1. Características y descripción de datos del UM . . . . .  | 74 |
| 4.2. Objetivos aplicados a la taxonomía de Bloom . . . . .  | 82 |
| 4.3. Objetivos aplicados a la taxonomía de Bloom . . . . .  | 84 |
| 4.4. Resultado sobre el nivel de dominio de un estudiante en una materia . . . . .  | 95 |
| 4.5. Resultado sobre agrupaciones de estudiantes con un mismo nivel de dominio . . . . .  | 96 |



---

## Lista de Acrónimos

---

|            |  |
|------------|--|
| AEH        | Adaptive Educational Hypermedia                                    |
| ARHOA      | Agente Recomendador Híbrido de Objetos de Aprendizaje              |
| DB         | Data Base  |
| DM         | Domain Model   |
| e-Learning | Electronic Learning  |
| IEEE       | Institute of Electrical and Electronics Engineers                  |
| IEEE PAPI  | Public And Private Information                                     |
| IMS        | IMS Global Learning Consortium or Instructional Management Systems |
| IMS LIP    | IMS Learner Information Package structure                          |
| IRI        | Internationalized Resource Identifier                              |
| KM         | knowledge Model  |
| LMS        | Learning Management Systems  |
| LO         | Learning Object  |
| OBUM       | Ontology-Based User Model  |
| OWL        | Ontology Web Language  |
| OWL DL     | OWL Description Logics   |
| RDF        | Resource Description Framework                                     |
| RM         | Relational Model   |
| SCORM      | Sharable Content Object Reference Model                            |
| SPARQL     | SPARQL Protocol and RDF Query Language                             |
| TAM        | Tracker Authority Model  |
| u-Learning | Ubiquitous Learning  |
| UM         | User Model   |
| WF         | Work Flow  |
| XML        | Extensible Markup Language   |

**ACTA DE APROBACION DE TESIS**

Con fundamento en lo que establecen los **Artículos 22-24-25** del "Manual de Normas y Procedimientos para optar por el título de "MAGISTER SCIENTIAE EN COMPUTACION", el Tribunal Examinador de Tesis (TET), nombrado con el propósito de evaluar la tesis de grado.

*"Desarrollo de un modelo de usuario basado en ontologías"*

Habiendo analizado el resultado general del trabajo presentado por el estudiante:

| Primer Apellido | Segundo Apellido | Nombre   | No. de carné |
|-----------------|------------------|----------|--------------|
| Ramírez         | Mora             | Mauricio | 9807331      |

Emite el siguiente dictamen:

|  |   |
|--|---|
| <p style="text-align: center;"><input checked="" type="radio"/> <b>APROBADO</b></p> <p>El TET, considerando que el trabajo realizado por el estudiante es SOBRESALIENTE, le otorga la siguiente MENCION HONORIFICA:</p> <p> <input type="radio"/> CUM LAUDE                    <input type="radio"/> MAGNA CUM LAUDE                    <input type="radio"/> SUMMA CUM LAUDE             </p> | <p style="text-align: center;"><input type="radio"/> <b>REPROBADO</b></p> <p> <input type="radio"/> SE RECOMIENDA                    <input type="radio"/> NO SE RECOMIENDA             </p> <p>Brindarle una nueva oportunidad para la DEFENSA PUBLICA de su Tesis</p> <p>NUEVA FECHA: _____</p> |
|--|---|

Dando fe de lo aquí expuesto firmamos (IDEM: HOJAS DE APROBACION DE TESIS)

  
 Dr. Mario Chacón Rivas  
 Profesor Asesor

  
 Dr. Cesar Garita Rodríguez  
 Profesor Lector

  
 Máster/DEA Luis Carlos Naranjo Zeledón  
 Profesional Externo

  
 Dr. Robertó Cortés Morales  
 Coordinador del Programa de Maestría en Computación

  
 16 de junio de 2017

FT-07-MC

---

# 1. Introducción

---

La información es uno de los recursos más importantes en la actualidad, así mismo es importante tener esta información de forma ordenada y accesible para los usuarios que así lo requieran respetando siempre el uso de la información.

De esta manera la información sobre los tipos y preferencias de aprendizaje de los estudiantes pueden dar un apoyo a la docencia. Mientras algunas personas pueden aprender más rápido con el uso de imágenes y otras con la lectura de textos. Si la presentación de la información y otros objetos de aprendizaje se realiza según los estilos y preferencias de aprendizaje del usuario, esto puede hacer que pueda aprender mucho más rápido y más fácil.

Para el análisis y comprensión de las preferencias de los estilos de aprendizaje de los estudiantes es necesario la creación de un sistema que sirva para almacenar y clasificar los usuarios según la información del usuario. Este sistema no se limitará a los sistemas de aprendizaje sino a otro tipo de información como es información personal e universitaria, también es necesario que maneje los objetivos y niveles de aprendizaje que se necesitan para las materias.

Este sistema servirá de insumo para el análisis según las recomendaciones y preferencias de otros estudiantes con perfiles similares para poder hacer recomendaciones basadas sobre recursos y objetos de aprendizaje.

Se basará en el Modelo de Usuario Basado en Ontologías (OBUM por sus siglas en inglés, Ontology Based User Model). Este sistema se basa en tres subsistemas. El primero de estos subsistemas son los sistemas que manejan y estudian la información de usuario llamados

Modelos de usuario (UM). Muchas veces estos sistemas son confundidos con perfiles de usuario que son sistemas planos a diferencia de los UM

Para el manejo de los objetivos y nivel de aprendizaje se utilizan los Modelos de Dominio (DM). El modelo de DM se utiliza como una representación de las materias con sus respectivas dependencias unas con otras. Un ejemplo claro de DM es el plan de estudios curricular.

Por último también es necesario contar con un sistema que ayuda a conocer el avance dentro del plan de estudios. A este tipo de modelos se les conoce como Modelos de Conocimiento (KM).

La ontología nos permite comunicar estos tres sistemas entre sí, así como darle sentido a la información de manera semántica, creando relaciones entre la información, que sirvan como insumo para poder hacer deducciones sobre los usuarios.

Esta tesis presenta el desarrollo sobre la investigación sobre un Modelo de Usuario Basado en Ontologías (OBUM). Este sistema cuenta con los tres componentes antes mencionados (UM, DM, KM) con el fin de apoyar el proceso de toma de decisiones sobre recomendación y reutilización de los objetos de aprendizaje.

Las ontologías se desarrollan utilizando el Lenguaje Web de Ontología (OWL). Estos sirven para realizar un intercambio de información utilizando la Plataforma de Descripción de Recursos (RDF). Para su desarrollo se utilizan las herramientas Protégé <sup>1</sup> y Apache Jena <sup>2</sup>.

El sistema Apache Jena cuentan con herramientas de lógica que permiten hacer conclusiones para la recomendación de los objetos de aprendizaje según como se realice la consulta para la agrupación de la información, así mismo se pueden agrupar usuarios que contengan intereses similares determinados a las preferencias de aprendizaje de los estudiantes.

---

<sup>1</sup><http://protege.stanford.edu/>

<sup>2</sup><https://jena.apache.org/>

El uso de la información en sistemas externos se deberá realizar utilizando la consulta, el manejo y la actualización de los datos se realiza utilizando SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) e implementando el estándar de IMS-LIP <sup>3</sup>. Las consultas de SPARQL presentan la información en filas y columnas. Esta información se envía a los sistemas utilizando el estándar de IMS-LIP.

IMS-LIP es el estándar de empaquetamiento de información de usuarios. Este da la facilidad que cualquier sistema independiente de la plataforma pueda hacer uso de la información siempre y cuando cumpla con los estándares del consorcio de IMS.

Para conocimiento del lector, los RDF se basan en tripletas que sirven para el análisis de datos de manera que se puedan realizar deducciones lógicas.

Es importante que los sistemas de UM, DM y KM se mantengan siempre actualizados con la información de los usuarios y los cursos. De esta manera siempre que se haga una consulta al sistema se tendrá una respuesta correcta sobre las preferencias, las metas, competencias y los niveles de conocimiento que debe cumplir.

El sistema de UM se actualiza mediante la realización de evaluaciones con objetivos determinados como pueden ser el test de Felder [23] y de temperamento. Actualmente existe un sistema que maneja el TEC Digital con este fin. La información que se encuentra en el DM es responsabilidad de las escuelas que son las que desarrollan los programas de curso y el currículum de carrera. El KM se alimenta con la información del Departamento de Admisión y Registro (DAR), ellos son los encargados de certificar y manejar la información que envían las escuelas y departamentos sobre los resultados de las evaluaciones de los cursos. Además que es él único departamento que cuenta con un Web Service que permite la alimentación de la información en tiempo real.

---

<sup>3</sup><http://www.imsglobal.org/profiles/index.html>

Un fuerte punto de consideración es la seguridad en el recolección y uso de los datos e información personal de los usuarios, por tanto como un requisito de este sistema se debe mantener una justificación sobre cuales son los datos que se van a utilizar para el desarrollo del UM. Este requisito restringe la información que utilizará el modelo de usuario dentro de OBUM; información del estudiante como estado civil, puede no ser relevante para nuestros sistemas en este modelo. Mientras que la preferencia idioma (Inglés o Español) es información importante en la presentación y selección de los Objetos de Aprendizaje (LOs).

## 1.1. Motivación

Con el nacimiento del e-Learning se busca una forma de personalizar de la información que se presenta a los usuarios, cambiando la ideología de “one-size-fits-all” (una medida para todas las tallas) [37] a una educación basada en las preferencias de aprendizaje del estudiante. Producto de este cambio se encuentran el desarrollo los sistemas de manejo de aprendizaje (LMS) que son principalmente siempre asociadas al e-Learning.

La propuesta que se desarrollará permite manejar la información de los usuarios de manera que sirva de insumo para que otros sistemas puedan recomendar, según las preferencias de aprendizaje de un estudiante, los Objetos de Aprendizaje (LO) según las características presentes en el mismo y que sirvan para un grupo de usuarios con características similares. Estos cambios se espera ayuden a aumentar y mantener el interés de los usuarios en uso de los sistemas y las herramientas dentro de los LMS.

Este tipo de desarrollo se conoce como Web Semántica desarrollada por la W3C<sup>4</sup>. En ella se busca la personalizar la Web para los usuarios utilizando estructura como las ontologías. Estas brindan una

---

<sup>4</sup><https://www.w3.org/>



estructura semántica de la información mediante una asociación entre los objetos (conocidos como clases) y los valores o otros objetos a través de conceptos. Con esta asociación es factible establecer las preferencias de los usuarios según los sistemas con que interactúa.

El desarrollo de la OBUM permite dar apoyo en la comunicación con otros sistemas de recomendación que requieren información del UM del estudiante para la recomendación de LOs y de esta manera mejorar la experiencia de aprendizaje del estudiante. En él se encuentran aspectos como: información personal, estilos de aprendizaje (prueba de Felder), selección del plan de estudios entre otros.

El modelo de dominio se basa en el plan de estudios para el dominio de aprendizaje. Cualquier conocimiento fuera del plan de estudios es omitido del modelo de dominio (aprendizaje en el colegio, becas fuera del país, otros). Es necesario realizar una evaluación de los objetivos de los cursos para establecer cual es el nivel de Bloom al que pertenece el objetivo. Este análisis brinda como resultado el nivel de conocimiento adquirido y requerido por los temas según el análisis de la maya curricular.

Los conocimientos estudiados y el análisis de los temas que se seleccionan en los planes de estudio cumplen con las exigencias planteadas por el ente acreditador de SINAES<sup>5</sup>.

Así mismo los objetivos de las materias en el modelo de dominio puede ser mapeado a uno o varios objetos de aprendizaje (LO) según las preferencias de aprendizaje del usuario y nivel de conocimiento en la escala de Bloom [4]. Estos LOs pueden ser desarrollados por los docentes utilizando Herramientas de Autoría (AT) o seleccionados y recomendados según la opinión experta del profesor por medio del Agente Recomendador Híbrido de Objetos de Aprendizaje (ARHOA) [48].

En el desarrollo de OBUM es importante tener claro varios puntos:

---

<sup>5</sup><http://www.sinaes.ac.cr>

- ¿Qué información del usuario se está modelando?
- ¿Cuál información es definida como pública y privada?
- ¿Qué información podemos obtener de otros sistemas que nos sea útil mejorar nuestro OBUM?
- ¿Podemos hacer algún tipo de relación entre de los usuarios para formar grupos a los cuales podamos hacer recomendaciones de objetos de aprendizaje?

Las respuestas a estas preguntas son determinadas directamente por las necesidades y el análisis de los distintos tipos de usuarios según los niveles y objetivos de la materia. De esta manera se justifica la búsqueda y el desarrollo de los LOs.

Existen desventajas en el uso del OBUM si existen otros programas que se encuentren asociados y que utilicen sus propios UM. Estos pueden afectar o verse afectados por la configuración y desarrollo de la información los criterios de cada uno de ellos.

De las grandes ventajas existen es la fácil adaptación de cambios en cualquiera de los modelos de UM, KM o DM dado que no afecta al resto de los otros sistemas asociados. De esta misma manera el uso de IMS-LIP ayuda a la independencia de los sistemas dado que se maneja un estándar de información.

## 1.2. Definición del problema

Desde la llegada del e-Learning y debido al gran consumo tecnológico, la educación se ha visto forzada a cambiar en la forma en que se lleva y presenta a los estudiantes. A su vez gracias a la tecnología los docentes cuentan con más herramientas para dar las lecciones como presentaciones, vídeos y otros objetos de aprendizaje tanto de autoría

propia como de otros autores. Pero es difícil mantener a los estudiantes interesados en los cursos. Esto hace que nivel de aprobación dentro de las aulas sea mayor que en la educación virtual.

Ahora, tanto profesores como estudiantes, tienen acceso casi ilimitado a información de alta calidad. La presentación, nivel de profundidad y la selección de la información puede hacer que los estudiantes se sientan estrados, se confundan o pierdan su interés.

Así es como el UM sirve como insumo para conocer las preferencias de los usuarios en cuanto a la presentación de la información según el uso de la tecnología y las preferencias del usuario. Muchas empresas privadas han desarrollado sistemas de análisis de preferencias de los usuarios para proporcionar opciones más acertadas a sus intereses. Esta forma de uso de la información hace que los usuarios se sientan más cómodos e interesados.

Este análisis se apoya en [43]. Según el autor, los usuarios tienen distintas preferencias en la presentación de la información, profundidad de conocimiento, metas e intereses. Para lograr una respuesta más acertada y personalizada es necesario el uso de UM.

Según [28], el UM representa un conjunto de características relevantes de forma que son entendidas por un sistema. En el ámbito educativo este UM contiene información de conocimientos previos, comportamiento en el LMS, objetivos de aprendizaje, características personales, intereses y motivación [26].

Como se describió anteriormente, el sistema de OBUM se basa en tres pilares: UM, KM, DM. Para el desarrollo del UM es necesario tener claras las características dadas para la necesidad del negocio, así como establecer una comunicación con otros sistemas. Las ontologías nos permiten realizar esta comunicación entre los sistemas. La extracción de datos para el UM y la ontología se realizó con el análisis de la información de la base de datos. Una vez que se encuentra en producción los programas asociados se encarga de realizar actualizaciones con aquella información que se considera relevante para el comportamiento

o preferencias del usuario.

Otra de las ventajas de las ontologías es que tienen la facilidad de unir información de distintas bases de datos con el uso de sinónimos. Según [49] dice que: “Las ontologías son una especificación *explícita y formal* de *conceptualización compartida*. Por *explícita* se entiende los tipos de conceptos usados y las restricciones que han sido explícitamente definidas. Definiendo *formal* como que debe ser procesable por una máquina. Como *conceptualización* se define el modelo abstracto para el cual se han identificado sus conceptos relevantes. Y por último se define *compartida* como la captura de conocimiento conceptual consensuado, eso quiere decir que sea aceptado por un grupo.”

Con esta definición podemos entender el alcance de las ontologías y las ventajas que nos pueden dar en la comunicación de los sistemas. Así mismo las ontologías se utilizan en muchos campos como son: la integración, interpretación y manejo de datos e información entre otros.

En el campo educativo se nos da la probabilidad de crear OBUM como una herramienta que da mayor funcionalidad al UM mediante la comunicación dando una condición necesaria para el desarrollo de un aprendizaje ubicuo (u-learnign) [28].

Según [7], para el desarrollo de una OBUM es necesario el tener previamente desarrollado de tres componentes:

- El modelo de usuario
- El modelo de dominio
- El modelo de conocimiento

El UM define las características del usuario. Debe responder a las necesidades de aquello que se busca modelar con el menor número de características necesarias según el alcance.

El DM hace referencia a los objetivos y nivel de aprendizaje del curso. De esta misma manera los objetivos deben responder a los atributos que se crean o fortalecen con la aprobación del curso. El problema que existe con este modelo es que no se encuentra en un sistema adecuado para el manejo de la información.

El KM corresponde a un DM donde los cursos aprobados pertenecen al conocimiento del estudiante y los cursos pendientes de aprobación según el estudio curricular o plan de estudios donde se encuentre registrado el estudiante. Cada vez que el estudiantes aprueba una materia, esta pasa de las metas al conocimiento adquirido y abre nuevas opciones de aprendizaje. Este modelo no repite la información del DM sino que toma los identificadores de las materias y los registra con el plan de estudios para distribuirlo en conocimiento y metas. En caso de que sea necesario conocer el nivel de conocimiento de un estudiante se mapea con el DM según el conocimiento adquirido.

En la imagen 2.4 Representación del KM basado en el DM se da una representación abstracta de este modelo. Esta imagen representa el curriculum de un estudiante. Las materias en color verde oscuro representan las materias aprobadas por el estudiante, en verde claro se representa las materias que están en curso por el estudiante. Las materias del resto de colores son las metas del estudiante. Estas se encuentran en distintos colores por que son de distintas escuelas en la universidad. En la imagen se puede ver como el DM sobrelapa con los conocimientos adquiridos y pendientes del estudiante a través de todo el currículo.

Para algunos de los sistema externos la solución es encontrar, según la información del modelo de usuario, las materias actuales, sus objetivos y nivel requerido analizados según la escala de Bloom, la recomendación de objetos de aprendizaje que mejor se adapten a las necesidades del usuario.

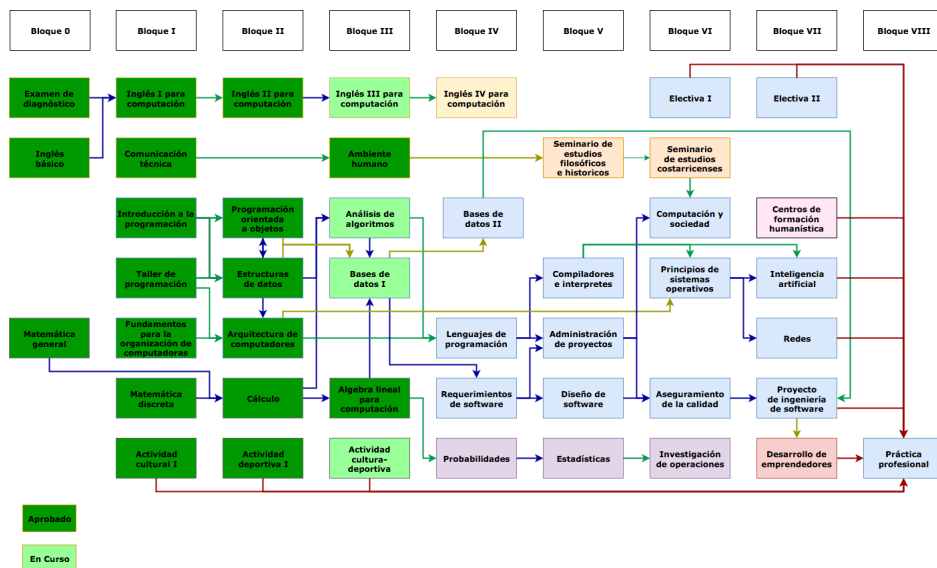


Figura 1.1: Representación del KM basado en el DM

### 1.3. Justificación del problema

El mayor impacto se dado en la educación en los últimos años ha sido la creación de los LMS que facilitaron el manejo de grandes de volúmenes de información en línea de manera ordena y sin el uso de papel o dependencia física de los usuarios en las aulas. De esta manera se fortalecen la creación de cursos virtuales y bimodales.

Pero ahora es necesario dar el próximo paso. Es necesaria la creación de una educación basada en los requerimientos de los estudiantes. Ha este tipo de aprendizaje se le conoce como u-Learning y se puede dar a través de los sistemas de e-Learning.

Según [46], el e-learning es una modalidad de enseñanza y aprendizaje que, de manera parcial o total, representa el modelo educativo aplicado; explotando los medios electrónicos para el acceso, evolución

y mejora de la calidad de la educación y formación.

Los LMS y repositorios de objetos de aprendizaje facilitan acceso a grandes cantidades de información a través de los LOs que dan apoyo y guían a los docentes y estudiantes en el proceso educativo. Por esta razón se crean sistemas que permitan realizar recomendaciones de objetos de aprendizaje. Para esto es necesario el uso de ontologías basadas en UM que permitan interoperabilidad entre sistemas de información para la personalización y recomendación de los LOs.

Los LOs se pueden definir como imágenes, sonidos y/o textos; así mismo un conjunto de estos elementos forman nuevos LOs. Estos LOs pueden ser provistos por el profesor, estudiante o fuentes externas como repositorios de LOs.

Para [10], el e-Learning puede presentar una exigencia que no es frecuente en la educación tradicional. Esta exigencia es la retroalimentación por parte de los estudiantes sobre los objetos de aprendizaje presentados. De esta manera los estudiantes crean o dan mejoras sobre los LOs con su valoración o sugerencias para actualización o cambios.

## 1.4. Pregunta de hipótesis

¿Es posible realizar un análisis y seguimiento del conocimiento y las competencias de los estudiantes según los objetivos y las competencias dentro del programa de estudios?

## 1.5. Objetivos

Según nuestra pregunta de hipótesis se establecen los objetivos para el desarrollo de la tesis.

### 1.5.1. Objetivo general

Desarrollar un modelo de usuario basado en ontologías que permita la ofrecer información para el seguimiento del conocimiento y competencias de los estudiantes.

### 1.5.2. Objetivos secundarios

Entre los objetivo secundarios de la tesis se encuentran:

- Determinar la información necesaria para el desarrollo de un modelo de usuario que permita establecer relevancia en el análisis y las características de los estudiantes.
- Establecer dentro del modelo de usuario las características de preferencias de aprendizaje según el test de Felder y las competencias de los estudiantes.
- Desarrollar un modelo de dominio basado en las materias de los planes de estudio que incluya un análisis de los objetivos para el nivel de conocimientos y las competencias.
- Manejar y representar el nivel de conocimiento del estudiante con el uso de los modelos de conocimiento.
- Encontrar agrupaciones de estudiantes según un determinado nivel de conocimiento para establecer perfiles de trabajo.

## 1.6. Organización del documento

En la primera sección se define el problema que se desea desarrollar y su justificación. La segunda sección define el trabajo de otros autores en los diferentes componentes que serán necesarios para crear el modelo de usuario basado en ontologías. Estos componentes incluyen la



descripción de los modelos UM, DM, KM y sistemas asociados, así como las definiciones formales y algunas de las especificaciones de los OWLs. Serán abordados en el capítulo tres el análisis de los requerimientos para el desarrollo del modelo de usuario basado en ontologías. Las etapas, características, estándares y arquitectura serán vistas en la cuarta parte de propuesta del modelo. Por último en la sección seis se discutirán la validación de la hipótesis el cumplimiento de los objetos, las conclusiones y el trabajo futuro.

### 1.6.1. Innovación

Actualmente no existe un modelo con estas características en el Tecnológico de Costa Rica. La forma en que se establece el UM se limita al perfil del estudiante y al plan curricular que al concluir dará al estudiante un título profesional.

El desarrollo de este modelo permitirá conocer a mayor profundidad el nivel de conocimientos y las competencias alcanzadas con la finalización de los cursos. Según [21] entre las principales ventajas de OBUM se puede definir como:

- Favorecen la interpretación de la información del modelo de usuario.
- Facilitan el intercambio de la información en distintos sistemas.
- Superan las diferencias sintácticas y estructurales de las diferentes propuestas de modelos de usuario.
- Estructuran el modelo de conocimiento de la aplicación donde un agente puede asistir al usuario.

### **1.6.2. Impacto**

El profesor tendrá la información necesaria para desarrollar LOs según el nivel actual y requerido del estudiante. Así mismo se tendrá la oportunidad de realizar agrupaciones de estudiantes según sus características, nivel de aprendizaje y competencias alcanzadas.

### **1.6.3. Profundidad**

Análisis de los estudiante los cuales sean de la carrera de Ingeniería en Computación para determinar cuales son sus niveles de aprendizaje en las materias.

Con la información de los cursos se establecerá cuales son los objetivos y nivel de conocimiento necesario y alcanzado para los estudiantes según el conocimiento y metas del estudiante.

---

## 2. Marco teórico

---

En la Introducción de nuestra investigación se concentra en integrar los Modelos de Usuario, Dominio y Conocimiento con el uso de ontologías. Por esta razón se presentan las secciones 2.1 Modelo de usuario, 2.2 Modelo de Dominio, 2.3 Modelo de Conocimiento y 2.4 Ontologías para su descripción sobre el desarrollo y comunicación entre sistemas.

Para la búsqueda de información se utilizó Google Académico<sup>1</sup>, Springer Link<sup>2</sup> e IEEE Xplore<sup>3</sup>, utilizando las palabras: “user model”, “ontology-based user model”, “ontology”, “ontology-based”, “semantic web”, “adaptative hypermedia”, “educational hypermedia” “e-learning”. Así mismo tomaron algunas de las recomendaciones realizadas por Mendeley<sup>4</sup> quien, según la actividad, hace algunas sugerencias de textos. Existen muchas referencias sobre el desarrollo de las ontologías, pero muy pocas se basan en ambientes de e-Learning.

Gonzalez [28] se basa en una ontología para perfiles de usuario para u-Learning en ambientes universitarios. En su trabajo se busca mejorar la personalización, interoperabilidad y usabilidad de los sistemas. También se busca identificar las características más relevantes para la personalización de los sistemas, así como representación de las preferencias y otros datos relevantes.

Las características que presenta sobre el UM se encuentran tres categorías:

---

<sup>1</sup><https://scholar.google.com/>

<sup>2</sup><http://link.springer.com/>

<sup>3</sup><http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

<sup>4</sup><https://www.mendeley.com/>

- Categorías de información independientes de dominio. Como carné, fecha de nacimiento, sexo entre otros. Estas características son meramente administrativas.
- Categorías de información dependientes de dominio. Conocimiento actual y rendimiento en el curso.
- Categorías de información de contexto. Ubicación (lugar donde esta el estudiante), actividad (estudiar, reunión, examen), entidad computacional.

Como la ontología es desarrollada para u-Learning (Aprendizaje Ubicuo, aprendizaje en cualquier lugar aún fuera del entorno tradicional del aula) su desarrollo se basa en cuales son las actividades del estudiante, lugares donde se desarrolla y no en objetos de aprendizaje. Esta ontología determina a su vez características físicas de los lugares de estudio como iluminación y cantidad de estudiantes entre otras.

Algo que se rescata de esta ontología es el uso del conocimiento de la prueba de Felder para el conocimiento de los estilos de aprendizaje para sus preferencias de presentación de la información.

Al-Yahya [1] en su trabajo hace una revisión de la literatura sobre las ontologías en distintos motores de búsqueda. En uno de sus apartados el presenta hace referencia de ontologías de e-Learning. El autor rescata las referencias de [20, 15] sobre el desarrollo según las distintas generaciones del e-Learning.

Esta generaciones son:

- Primera generación. Acceso al material de aprendizaje y cursos en línea.
- Segunda generación. Uso de inteligencia artificial para presentación de la información. Adaptación de la información a las preferencias, necesidades y habilidades del usuario.

- Tercera generación. Llamados sistemas hipermedios educativos adaptativos.
- Cuarta generación. No esta bien definida todavía pero se busca la enseñanza a través del u-Learning, los dispositivos móviles o m-Learning. Ayuda a los estudiantes a adquirir información accesible bajo demanda.

Las plataformas de e-Learning de tercera generación utilizan las ontologías y otras herramientas de la web semántica para escalabilidad, reutilización e interoperabilidad de los contenidos educativos distribuidos a través de la WEB.

Al-Yahya clasifica la literatura encontrada en cuatro áreas:

- Manejo y modelado del currículum.
- Descripción de dominios de aprendizaje.
- Descripción los datos del estudiante.
- Descripción de los servicios de e-Learning.

En el manejo y modelado del currículum se encuentra la mención de CURONTO [2]. Esta ontología fue desarrollada para el modelado del currículum académico. Una de las principales debilidades que se encontró de esta ontología es que no modela los objetivos de aprendizaje.

OBUM es un sistema que hace uso de tres componentes para su funcionamiento. Cualquier afectación en la información de estos componentes puede afectar las respuestas de recomendación. Estos componentes son:

- Modelo de usuario (UM)
- Modelo de dominio (DM)

- Modelo de conocimiento (KM)

También están los sistemas derivados que son aquellos que hacen consultas de información a OBUM para realizar recomendaciones y personalizar la experiencia del usuario. Bajo esta perspectiva los LMS son sistemas que se pueden personalizar para mejorar la experiencia educativa y por tanto son sistemas derivados. La diferencia es que OBUM se encuentra trabajando dentro del LMS junto con los otros sistemas como el UM.

Es importante entender que las ontologías no contemplan el desarrollo de ninguno de los componentes de UM, DM y KM sino que trabajan con ellos. Su fin es el desarrollo de las clases y relaciones dentro de la ontología ayudarán a determinar la sintaxis de la información para el entendimiento por parte de la máquina para la toma de decisiones.

Algunos autores, como mencionaremos más adelante, han hecho desarrollo de estas ontologías aunque no se encontró como fueron empleadas.

## 2.1. Modelo de usuario

Para [26] el UM y el perfil de usuario son utilizados como sinónimos; la diferencia entre estos es que el perfil de usuario no tiene ningún agregado ni utilidad.

Existen muchas páginas en la web en las cuales llenamos un perfil de usuario pero esta información no ayudará al sistema a entender cual son las preferencias y comportamiento del usuario en el sistema, sino que es meramente informativa. La interacción e insumos que tenga el sistema ayudará a otros sistemas de recomendación a formular sugerencias y agrupaciones sobre futuro según el comportamiento del usuario.

El éxito de algunas empresas para vender productos y servicios en sus páginas web se encuentra en conocer y pronosticar este tipo de comportamiento del usuario. Estas páginas están cambiando sus contenidos constantemente con el fin de llamar su atención del usuario en la venta de productos y servicios. La información que se presenta debe ser de agrado y preferencias de los usuarios. La falta de estos cambios o una mala recomendación no garantiza su éxito. Esto se logra con el análisis de la información dentro de los modelos de usuario.

Uno de los grandes ejemplos de análisis de información dentro del UM es Facebook. Este toma la información de las personas y determina según su lugar de domicilio, colegio, grupo social y preferencias entre otros para establecer las recomendaciones para el usuario, así como agrupaciones de características para la publicación de publicidad. Este ejemplo de UM determina las preferencias sociales de las personas según su grupo de amigos y perfiles visitados para hacer recomendaciones sobre nuevas amistades o lugares.

Una página como AMAZON, utiliza un UM para conocer las preferencias de compra de los usuarios y realizar recomendaciones para la venta de productos. Este UM determina las preferencias de compras según las compras de los usuarios dando la sensación de personalización de la plataforma.

En ambientes de e-Learning, las aplicaciones de UM ayudan a entender las diferencias de los usuarios según su comportamiento en el uso de sistemas de información, estilos de aprendizaje, metas e intereses. Estas sirven para personalizar y ajustar las respuestas de los sistemas [43].

La información para el UM puede ser obtenida por la interacción de la persona con los sistemas y a través de la minería de datos. Como lo define [43], los UMs son creados con el fin de responder a la necesidad específica de un servicio. Con el fin de poder realizar predicciones más exactas, los UM deben tener el menor número de variables posible y estar haciendo constantes análisis de la información del usuario.

Según [34] el UM debe cumplir con tres importantes características:

- Un UM debe tener la menor cantidad de parámetros posibles. Incrementar el número de parámetros disminuye la capacidad de predecir el comportamiento del usuario.
- El UM no solo debe describir el comportamiento, sino también predecirlo.
- Un UM debe aprender su propio conocimiento de las tareas específicas.

Para [8] las características más populares de los UM en los LMS son: **el conocimiento de usuario, intereses, metas, antecedentes y rutas individuales.**

De esta manera para realizar un UM basado en los estudiantes Tecnológico de Costa Rica debemos tener clara la utilidad va a tener para justificar el uso de los datos dentro del modelo. Si registramos los datos del estudiante como nombre, carné, fecha de inicio de estudios, idioma y plan de estudios es necesario que se justifique el uso de cada una de estas variables y analizar como estas van a ayudar a predecir el comportamiento.

Los objetivos del UM que se va a desarrollar sirven para modelar el conocimiento y las competencias de los estudiantes en el uso de las herramientas de e-Learning y sus preferencias de aprendizaje. Las metas y conocimiento académico es modelado por el KM.

### 2.1.1. Características personales

Las características personales se basan en las preferencias de los usuarios así como cualquier otro dato que sea útil para ayudar a identificar los grupos a los que puede pertenecer.



Estos datos pueden incluir estado civil, lugar de procedencia o cualquier dato que justifique o ayude a mejorar al usuario en el fin que se espera dar.

### 2.1.2. Estilos de aprendizaje

Para la detección de los estilos de aprendizaje de los estudiantes se utiliza la evaluación de Felder [23]. Se toma esta decisión por las investigaciones de [24, 35] sobre estilos de aprendizaje. En [24] se realiza un estado del arte sobre la detección automática de los estilos de aprendizaje y presenta los estudios que han hecho uso de este modelo.

Los estilos de aprendizaje nos ayudan a entender como es que percibimos de mejor manera la información. Según [23] los estilos de aprendizaje se basan en un modelo de 4 dimensiones que son:

- Sensitivo | Intuitivo
  - Sensitivo: son personas aprenden hechos, solucionan problemas con métodos bien establecidos y no les gusta las complicaciones ni sorpresas, no les gusta evaluarse en aspectos que no se han revisado en clase. Son muy prácticos y cuidadosos.
  - Intuitivo: son personas que prefieren descubrir posibilidades y relaciones; les gusta la innovación y les disgusta la repetición. Se sienten bien con nuevos conceptos, abstracciones y fórmulas matemáticas. Tienden a trabajar más rápido que los sensibles. No les gustan los cursos con mucha memorización.
- Visual | Verbal
  - Visual: son personas que recuerdan mejor lo que ven. Como diagramas, gráficas, películas y demostraciones.

- Verbal: son personas que prefieren explicaciones verbales y escritas.
- Activo | Reflexivo
  - Activo: son personas que discuten, aplican conocimientos, es activo, prueba las cosas para ver cómo funcionan. Trabaja en grupo. Tiende a retener y entender mejor la información haciendo algo activo con ella, sea discutiendo, aplicando o explicando a otros.
  - Reflexivo: estas son personas que prefieren pensar sobre las cosas antes de tomar alguna acción, prefiere trabajar solo. También se inclinan por aprender de materiales presentados ordenadamente a través de libros de trabajo, conferencias y demostraciones.
- Secuencial | Global
  - Secuencial: son personas que prefieren encontrar soluciones, siguiendo pasos lineales con secuencia lógica.
  - Global: son personas que aprenden a grandes pasos, absorbiendo material casi en forma aleatoria sin ver la conexión y en forma repentina capta el sentido global. Resuelven problemas en forma novedosa y más rápida, pero tienen dificultades para explicar cómo lo hicieron.

## 2.2. Modelo de dominio

Los autores [9, 11, 27, 38] concuerdan en que el DM representa un conjunto de conceptos de dominio de las materias.

Su función principal es una representación, usualmente un grafo, que indica la dependencia y conocimiento entre los objetivos. Este

debe ser representado utilizando una ontología, donde los objetivos de dominio son modelados como nodos y las dependencias como aristas. Además esta red de modelado de conceptos define los elementos y relaciones semánticas entre ellas.

En la imagen 2.1 Modelo de dominio con objetos de aprendizaje [47] se puede ver una representación gráfica. Como se presenta en la imagen, existen dos partes, el área de LOs en la parte izquierda y el área de temas en la parte derecha. Este DM entrelaza los temas con los LOs de manera que se puede realizar un seguimiento del conocimiento según los LOs dominados por el estudiante. De esta manera, según la imagen presentada, para que el estudiante pueda llegar al tema 4 es necesario que domine el tema 2.

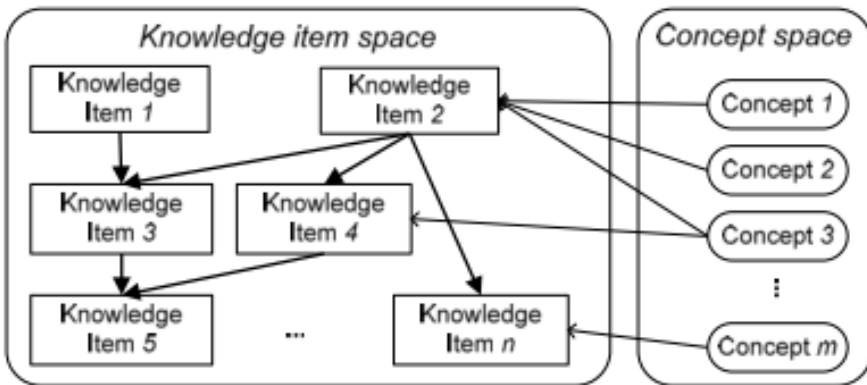


Figura 2.1: Modelo de dominio con objetos de aprendizaje [47]

Junto con los temas, se establece el nivel de dominio de los temas que adquiere el estudiante en el momento en que aprueba el curso. En caso de que a futuro existan cambios en esta información las ontologías se pueden adaptar fácilmente estos cambios.

En la imagen 2.2 Relación entre temas y subtemas de conocimiento [56] se puede observar con mayor detalle la relación entre los temas y subtemas de conocimiento aplicado en matemáticas donde se puede modelar los requisitos y los temas enseñados antes y después. En este ejemplo las relaciones están modelados por subtemas en el curso.

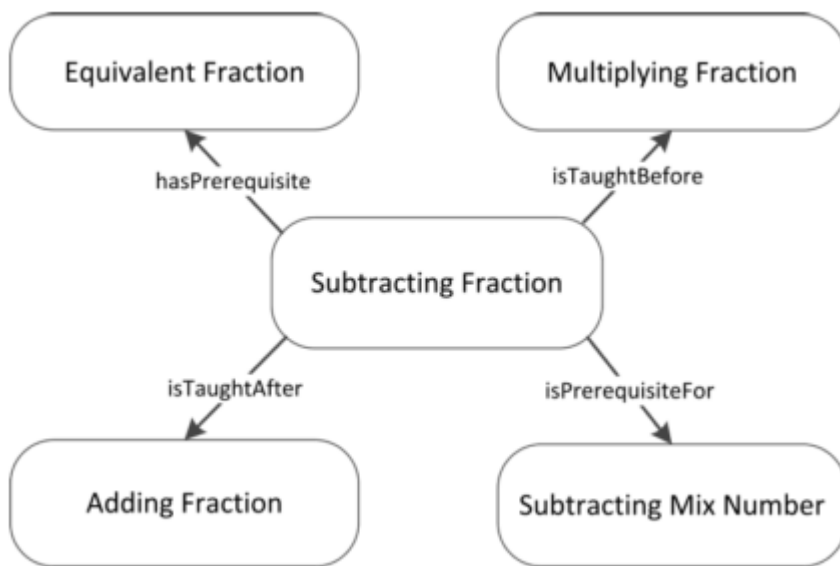


Figura 2.2: Relación entre temas y subtemas de conocimiento [56]

Los escenarios que presentan estos autores se basan en el desarrollo de objetos de aprendizaje (LOs). Para esto es necesario que los contenidos de los cursos tengan los metadatos o características necesarias para la búsqueda y asociación de los LOs con los temas y los objetivos. Esta información debe ser obtenida en los programas de curso brindados por los departamentos y escuelas.

Para efectos de uso de UM, [47] define un DM definido por capas. En la imagen 2.3 Modelo de dominio distribuido por capas se presenta

un ejemplo de este modelo. Las capas que serán representadas por las dependencias entre los temas. Este trabajo sobre el avance y los temas no es del docente como responsable de dar el curso sino, de la escuela o departamento. De esta manera el avance sigue un proceso estándar.

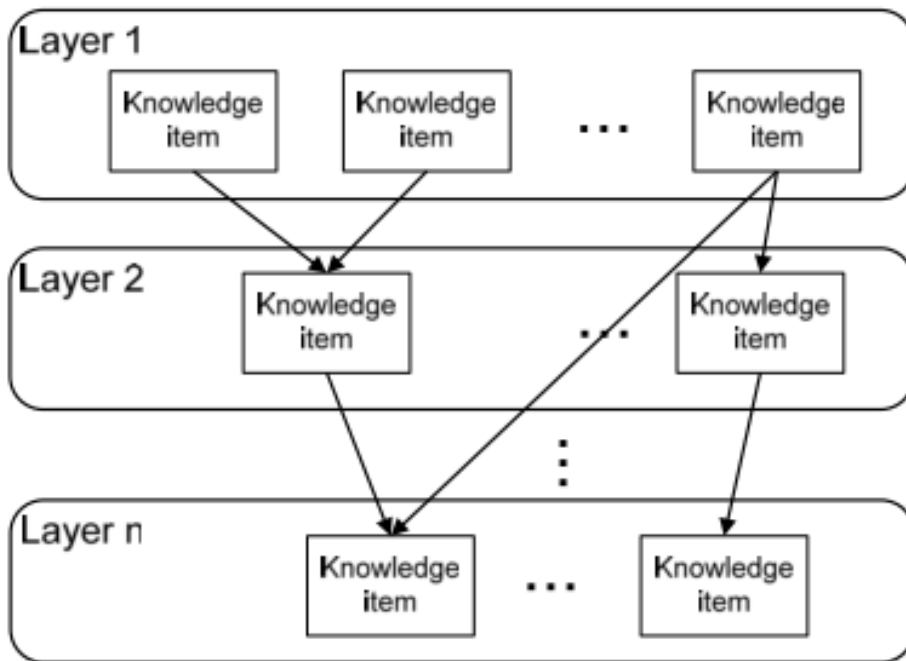


Figura 2.3: Modelo de dominio distribuido por capas [47]

### 2.3. Modelo de conocimiento

Según la referencia que se tenga de este modelo se puede conocer como de conocimiento del usuario, nivel de conocimiento, modelo

de ontología de conocimiento, modelo de conocimiento y metas entre otros. Los autores [3, 6, 38, 40] optaron por usar el nombre de modelo de conocimiento.

Las primeras referencias de KM fueron dadas por Peter Brusilosky [6] con el nombre de Overlay Model (modelo de superposición). El Overlay Model se utiliza en sistemas de hipermedios adaptativos para la educación (AEH). A partir de esta referencia se basan las demás definiciones.

El KM, de forma abstracta, es un DM donde se divide en el conocimiento adquirido y las metas que desea alcanzar el usuario. El KM se puede modelar como el plan de estudios del estudiantes donde las relaciones de son definidas por los requisitos y correquisitos de las materias. Así el conocimiento adquirido y las metas se definen como las materias aprobadas y materias pendientes del estudiante respectivamente.

Retomando la imagen 2.4 Representación del KM basado en el DM se puede ver como ambos, conocimiento y metas, deben de encontrarse dentro del DM. De esta manera podemos mapear el aprendizaje y los atributos dentro del DM. También es importante definir que cualquier conocimiento o meta que se encuentre fuera del KM no es considerado dentro del DM. Esta característica resalta la importancia de las materias reconocidas y materias equivalentes dentro del plan de estudios.

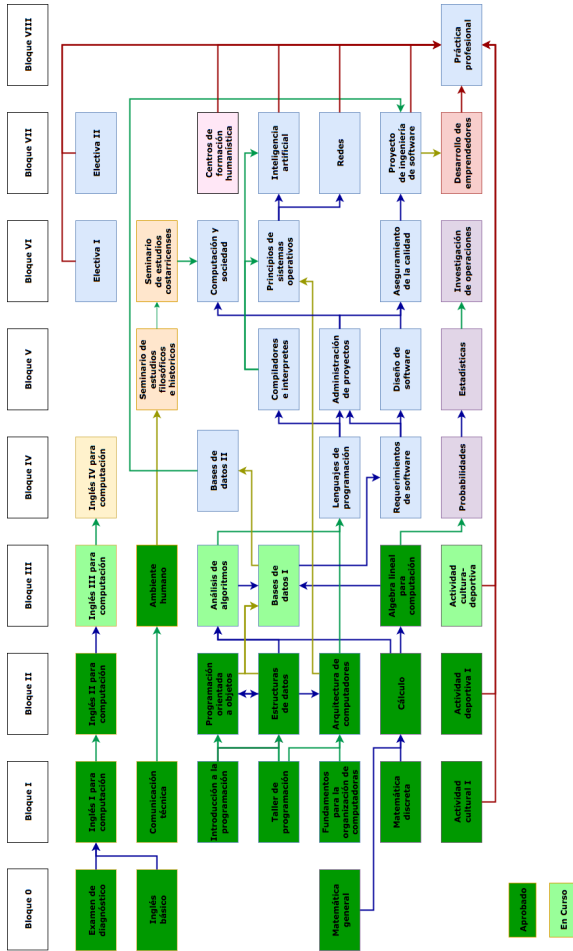


Figura 2.4: Representación del KM basado en el DM

En caso de que un estudiante haga levantamiento de requisitos no se asume que el estudiante tiene dominio de los conocimientos de las materias requisitos. Contrario al caso anterior, en caso de que un estudiante haga reconocimiento o apruebe el examen de suficiencia se puede asumir que el estudiante tiene dominio sobre esos conocimientos.

En la imagen 2.5 Representación del modelo de sobreposición [38] se ve este modelo forma abstracta. En la imagen se ven tres círculos concéntricos; del más pequeño al más grande, representan el conocimiento del estudiante antes del curso, después del curso y el conocimiento del experto.

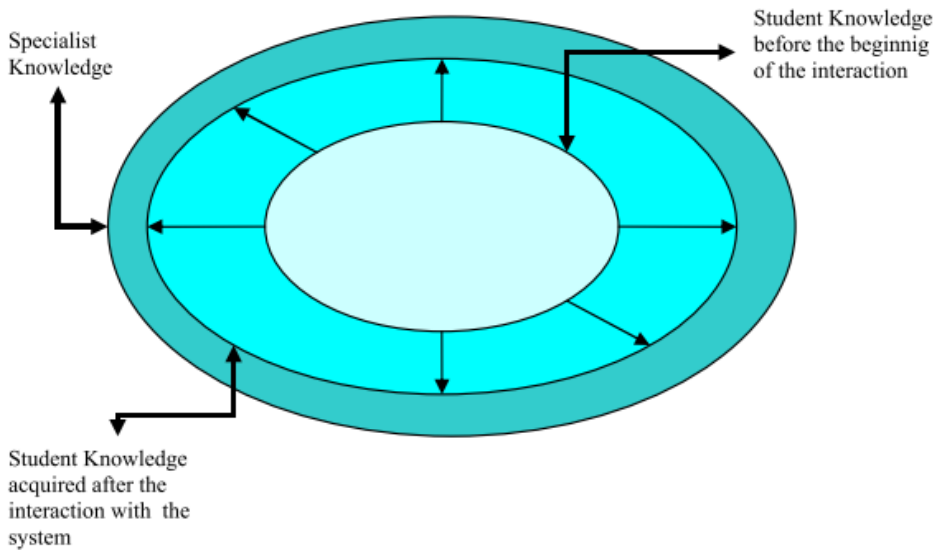


Figura 2.5: Representación del modelo de sobreposición [38]

Según [12, 34, 14, 17] el conocimiento del usuario es un modelo híbrido entre el conocimiento y el historial del estudiante. Este objetivo



se logra cuando existe un DM que contenga la información del nivel de conocimiento del estudiante en los determinados temas.

Un autor como [40] define el uso del DM en las ontologías para la personalización de un sistema de e-Learning como algo crucial para el proceso y presentación de la información. Para él, las estructuras ontológicas pueden ser utilizadas para organizar, procesar y visualizar los temas del modelo de dominio, construyendo los modelos de aprendizaje. El DM se puede utilizar para la especificación del dominio basado en conceptos se puede utilizar en la recuperación, visualización y navegación que facilite a los estudiantes orientarse en su KM y crear sus propia asociaciones para la comprensión de los temas.

El conocimiento que pueden adquirir los estudiantes debe poder ser medible de manera que permita conocer su nivel en una determinada escala. Con este fin [3, 9] utilizan la taxonomía de Bloom [4]. Bloom define el conocimiento en niveles y objetivos según sea definido para conocimiento del estudiante o la necesidad que se quiera plantear.

| Nivel del dominio cognoscitivo | Conocimiento   | Comprensión   | Aplicación  | Análisis  | Síntesis   | Evaluación   |
|--------------------------------|--|---|---|---|--|--|
| Verbos representativos         | Adquirir<br>Calcular<br>Citar<br>Clarificar<br>Conocer<br>Definir<br>Describir<br>Enumerar<br>Fijar<br>Identificar<br>Memorizar<br>Mencionar<br>Mostrar<br>Nombrar<br>Recordar<br>Registrar<br>Relatar<br>Repetir<br>Reproducir<br>Señalar | Cambiar<br>Comentar<br>Comprender<br>Dibujar<br>Diferenciar<br>Distinguir<br>Explicar<br>Expresar<br>Formular<br>Fundamentar<br>Informar<br>Interpretar<br>Ilustrar<br>Justificar<br>Representar<br>Replantear<br>Resumir<br>Traducir<br>Transformar<br>Trasladar | Aplicar<br>Demostrar<br>Desarrollar<br>Efectuar<br>Elaborar<br>Emplear<br>Ensayar<br>Escoger<br>Hacer<br>Manipular<br>Modificar<br>Operar<br>Organizar<br>Realizar<br>Relacionar<br>Resolver<br>Programar<br>Transferir<br>Usar<br>Utilizar | Analizar<br>Comparar<br>Constrastar<br>Clasificar<br>Dar ejemplos<br>Debatir<br>Descomponer<br>Descubrir<br>Desglosar<br>Diagramar<br>Discriminar<br>Distinguir<br>Encontrar<br>Examinar<br>Experimentar<br>Inferir<br>Inspeccionar<br>Investigar<br>Reconocer<br>Seleccionar | Categorizar<br>Componer<br>Concebir<br>Confeccionar<br>Construir<br>Crear<br>Diseñar<br>Elaborar<br>Escribir<br>Esquematizar<br>Fabricar<br>Generalizar<br>Imaginar<br>Interpretar<br>Inventar<br>Organizar<br>Planear<br>Proponer<br>Sintetizar<br>Teorizar | Apreciar<br>Aprobar<br>Argumentar<br>Calificar<br>Comparar<br>Considerar<br>Consultar<br>Criticar<br>Decidir<br>Defender<br>Discriminar<br>Discutir<br>Elegir<br>Estimar<br>Evaluar<br>Fundamentar<br>Jerarquizar<br>Juzgar<br>Rechazar<br>Valorar |

Cuadro 2.1: Niveles de aprendizaje según Bloom y ejemplos de verbos que representan niveles de procesos cognitivos utilizados en la redacción de objetivos

En la tabla 2.1 Niveles de aprendizaje según Bloom y ejemplos de verbos que representan niveles de procesos cognitivos utilizados en la redacción de objetivos y en la tabla 2.2 Definición de los niveles de aprendizaje según Bloom se pueden observar los distintos niveles planteados y definiciones según [22].

| Nivel del dominio cognoscitivo | Significado   |
|--------------------------------|---|
| Conocimiento                   | Se refiere a la memorización de datos, principios, métodos y procesos.  |
| Comprensión                    | Debe indicar la capacidad de captar el sentido directo de una comunicación.   |
| Aplicación                     | Capacidad de usar el material aprendido en situaciones nuevas y concretas.  |
| Análisis                       | Capacidad para descomponer el material en sus partes para entender su estructura y organización.  |
| Síntesis                       | Constituye la capacidad de juntar las partes para formar un nuevo todo. Los productos de aprendizaje aquí recaen en comportamientos creativos en la formulación de nuevos patrones o estructuras. |
| Evaluación                     | Se ocupa de juzgar el valor del material estudiado. Los juicios han de formularse con base en criterios definidos. Contiene elementos de las categorías anteriores.                               |

Cuadro 2.2: Definición de los niveles de aprendizaje según Bloom

### 2.3.1. Técnicas de construcción del DM

Para el desarrollo del DM es necesario utilizar estrategias que nos ayuden al modelado del conocimiento de cada estudiante. Según los autores [39, 42] que existen consideraciones importantes que definen el desarrollo este tipo de construcción.

- ¿Qué información debe ser obtenida?
- ¿Cómo deberá ser actualizada esta información?
- ¿Cómo debe ser utilizado el modelo para proveer la información?

Las repuestas a estas preguntas señalarán el tipo de construcción que mejor se ajusta al nuestro DM. Los autores [39, 53, 16, 41] señalan que estas técnicas de construcción de DM se pueden clasificar según su tema y conceptos en:

- Modelo de sobreposición
- Modelo de estereotipo
- Modelo de perturbación
- Modelo de diferencial
- Modelo de plan

Cada uno de ellos es detallado a continuación para facilidad del lector.

### **Modelo de sobreposición**

[16] define: “como el método de los más populares y comunes en el desarrollo de modelos de estudiante; el modelo fue inventado por [51] y es utilizado en muchos sistemas desde entonces”. En la imagen 2.5 Representación del modelo de sobreposición, este subconjunto del modelo de dominio que puede reflejar el nivel de conocimiento experto del estudiante.

También puede representar independientemente el conocimiento del usuario para cada concepto y aunque la representación del conocimiento puede estar incompleta, no es incorrecta. En esta representación el conocimiento es dividido en temas y conceptos individuales. Estos temas o conceptos con definidos como conocidos o desconocidos por el estudiante. [4].

### **Modelo de estereotipo**

Este modelo fue introducido por los UM [44]. Este modelo se aplica cuando es un nuevo usuario registrando según características similares en los grupos establecidos. Estos grupos se forman estableciendo la información mediante distintos tipos de disparadores que activan o desactivan los estereotipos.

Aún así los estereotipos son inflexibles y propenso a errores por el hecho de que son construidos de manera artesanal y antes de que el usuario interactúe con el sistema y son actualizados solo por el desarrollador o diseñador del sistema.

### **Modelo de perturbación**

No esta interesado en los errores causados por la mala percepción o falta de conocimiento. Es una extensión del modelo de sobreposición con los conocimientos malos o errados del estudiante. Es útil para el diagnóstico del razonamiento ya que el sistema puede identificar los

conocimientos y reglas erróneas que aplica el usuario y permite la respuesta equivocada.

El sistema corrige este comportamiento brindando el material de aprendizaje correcto, sugerencias y retroalimentación. Este modelo usualmente tiene una colección de errores llamada librería de errores. La librería de errores puede ser generada de manera empírica o de generada de un conjunto de errores comunes.

En la imagen 2.6 Representación del modelo de perturbación se que puede observar de forma abstracta un ejemplo de este modelo. En esta imagen el círculo oscuro representa el conocimiento del experto y el elipse representa el conocimiento del estudiante. El área que sale fuera del elipse en la intersección de las figuras representa el conocimiento errado del estudiante.

### **Modelo de diferencial**

Este modelo es basado en el dominio del conocimiento del experto pero existe la necesidad de que, el usuario y el experto, asuman el conocimiento que es necesario para el usuario. Se puede ver como el conocimiento dominado por el usuario para un determinado momento. Este tipo de conocimiento es llamado conocimiento esperado.

### **Modelo de plan**

Incorpora las acciones exitosas del usuario para alcanzar ciertas metas. El reconocimiento del plan es basado en el seguimiento del desarrollo de las actividades. Las acciones son comparadas y combinadas con estos planes. El plan que más se aproxime al acciones del usuario es elegido para modelo de aprendizaje.

Este modelo es muy caro para crear una librería y requiere un cálculos complejos y gran cantidad de almacenamiento. Más aún el algo-

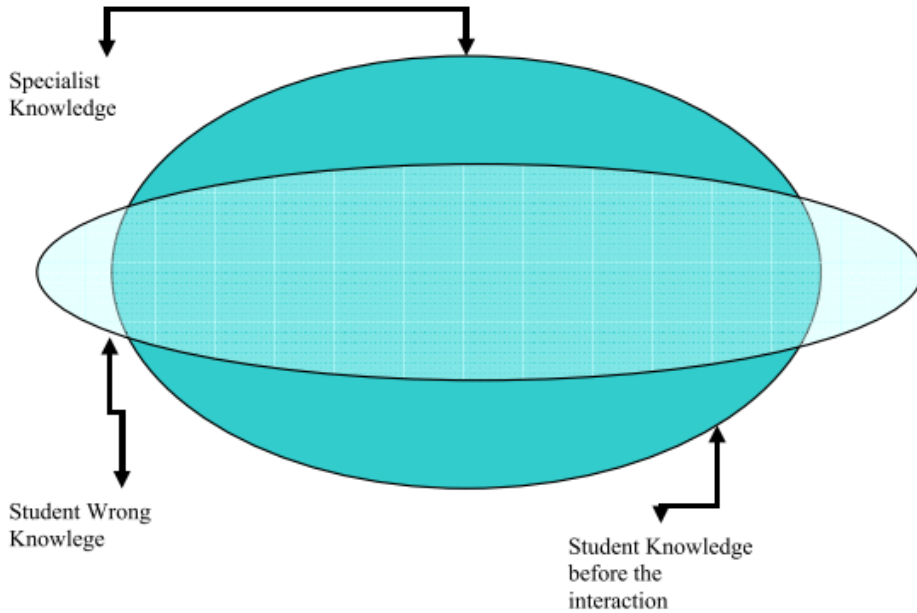


Figura 2.6: Representación del modelo de perturbación [38]

ritmo de combinación necesita cuidado de desarrollo y mucho tiempo de ejecución.

## 2.4. Ontologías

Aunque ya se ha descrito un poco el uso de las ontologías, al ser un tema tan amplio, se detalla sobre su uso y tipos de clasificación en esta sección.

Una ontología es una sistema que permite establecer un puente de comunicación entre distintos sistemas. Esta comunicación permite compartir información así como reutilizarla. Para realizar las consultas

de información en las ontologías se utiliza el lenguaje SPARQL.

Esta característica no hace que exista diferencia entre la capacidad de desarrollo de la base de datos y las ontologías. En que las BD se preocupan por la optimización del manejo de datos, velocidad de respuesta y almacenamiento mientras que las OWLs se preocupan por la representación y modelado de la información o en otras palabras la sintaxis de la información.

### 2.4.1. Definición formal de las ontologías

Según [19] sin las ontologías, no hay manera para que los distintos sistemas de e-Learning puedan, de manera automática, compartir y/o reutilizar materiales del curso puesto de muchos de estos sistemas utilizan distintos formatos, lenguajes, vocabularios, estrategias de enseñanza, procedimientos de evaluación y modelos de aprendizaje.

De esta manera las ontologías facilitan la comunicación entre las aplicaciones para que puedan interoperar aunque sus dominios de enseñanza y aprendizaje pertenezcan al mismo modelo. Las ontologías pueden compartir dominios y conocimiento pedagógico mediante la interoperabilidad y la interpretación de los materiales del curso tanto a programas dentro de la misma plataforma como de otras plataformas.

De acuerdo a [52, 5]: “Una ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida. La **conceptualización** se refiere a un modelo abstracto de algún fenómeno en el mundo para el cual se han identificado los conceptos relevantes de este fenómeno. **Explícita** significa que el tipo de conceptos utilizados y las restricciones para su uso han sido explícitamente definidas. **Formal** se refiere al hecho de que la ontología debe ser procesada por una máquina que excluye el lenguaje natural. **Compartida** refleja el concepto de que la ontología captura conocimiento conceptual consensuado, es decir, no es privado para algún individuo sino aceptado por un grupo.”



### 2.4.2. Clasificación de las ontologías

Las ontologías pasan el modelo relación (RD) de las DB a una plataforma de descripción de recursos (RDF). Todo esto es realizado mediante el uso de tripletas, donde esta formado por sujeto, predicado y objeto. Las ontologías según su lenguaje se pueden clasificar en tres<sup>5</sup>, estos son:

- OWL-Lite. Se caracterizan por que tiene herencia simple y restricciones.
- OWL-DL (Lógicas descriptivas). Entre sus características está la lógica de primer orden.
- OWL-Full. Las características más llamativas son alta expresividad, su mayor importancia es garantizar la integridad del lenguaje. En este modelo no es posible realizar un razonamiento automatizado.

### 2.4.3. Tipos de ontologías

Autores como [52] las ontologías se pueden clasificar en diferentes tipos según su propósito. Estos tipos se definen por los niveles de características generales:

- Ontologías de dominio. Se utilizan para capturar el conocimiento en un dominio particular (ejemplo electrónica, medicina, mecánica, dominio digital).
- Ontologías genéricas. Son usadas a través de varios dominios. Ejemplo de este tipo de ontologías es la mereología (estudio de relaciones entre partes).

---

<sup>5</sup>OWL Web Ontology Language: vea <https://www.w3.org/TR/owl-features/>

- Ontologías de aplicación. Estas tienen todo el conocimiento para modelar un dominio particular (usualmente una combinación entre el dominio y los métodos de la ontología).
- Ontologías de representación. A diferencia de las otras, estas no están sujetas a un dominio particular. Proveen entidades de representación sin indicar que es lo que debe ser representado.

#### 2.4.4. Ventajas del uso de ontologías

Hervas en [31] se revisó los estudios de [29, 55, 13]. En esta revisión el autor destaca algunos de los beneficios y ventajas del modelado de ontologías. Entre estos beneficios están:

- El desarrollo de las ontologías expresadas en lenguajes formales provee una representación explícita del conocimiento. Son mecanismos para la estructura, organización y reutilización del conocimiento.
- Las ontologías tienen la capacidad de obtener contenido de fuentes distintas y heterogéneas.
- Es posible aplicar mecanismos de análisis e inferencia por la representación explícita de significado de la semántica, reduciendo inconsistencias y generando contenido adicional.
- Habilitan la interoperabilidad sobre modelos o dominios de vocabularios específicos. Así los sistemas heterogéneos pueden definir una semántica, compartir conceptos y trabajar juntos.
- Las ontologías pueden reducir las dificultades relacionadas con la diversidad tecnológica, reduciendo el esfuerzo de adaptación y incrementando la reutilización.

- Permite y simplifica la comunicación de las personas y los sistemas.
- Permiten el acceso selectivo a grandes conjuntos de información.
- Sistemas sensibles al contexto se mejoran con las ontologías. Es posible definir comportamientos inteligentes de las entidades de entorno, dependiendo de la situación de contexto.
- Modelos creados a partir de ontologías pueden reducir el costo de implementación mantenimiento el modelo de contexto.
- Pueden detectar inconsistencias e inclusive resolverlas mediante la información histórica o combinando otra información.
- Facilitan el descubrimiento dinámico y entidades espontáneas.

### 2.4.5. Sintaxis de las ontologías

En el desarrollo de las ontologías es un lenguaje que se utiliza en las Web Semánticas (WS). En este caso las ontologías utilizan Identificadores de Recursos Internacionales (IRIs)<sup>6</sup>. Como los IRIs son muy largos se ofrecen mecanismos para acortar o abreviar su escritura en las ontologías.

La forma en que se utilizan estas abreviaciones es especificar el formato de sintaxis para el desarrollo de la ontología. Para este fin también es necesario la correcta declaración de los nombre de alcance (namespace) y otros mecanismos que serán discutidos más adelante.

Para el desarrollo de las ontologías según w3.org <sup>7</sup> existen 4 tipos de sintaxis, estos son:

---

<sup>6</sup>RFC 3987: Internationalized Resource Identifiers (IRIs). M. Duerst and M. Suignard. IETF, January 2005, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3987.txt>

<sup>7</sup><https://www.w3.org/>

- Sintaxis de estilo funcional (Functional-Style Syntax). Esta diseñada para ser más fácil para objetivos de especificación y para dar una base para la implementación de herramientas de ontologías como APIs y razonadores.
- Sintaxis RDF/XML. Es un RDF/XML con la particularidad que se utiliza para construir ontologías<sup>8</sup>. Esta es la única sintaxis que es obligatorio que se soportada por todas las herramientas de ontologías.
- Sintaxis de Manchester. Esta diseñada para que se más fácil de leer para personas que sin conocimiento lógico.
- Sintaxis OWL XML. Esta definida como sintaxis XML para OWL definida por un esquema XML<sup>9</sup>. Estas son herramientas para traducir entre diferentes sintaxis para ontologías.

También existe otra sintaxis llamada Turtle. Esta es una serialización de los datos para la sintaxis de tipo RDF/XML. Es una representación textual de un grafo RDF.

A continuación se presenta un ejemplo de cada uno de ellos con la información “Mary is a person”(María es una persona).

### Sintaxis de estilo funcional

```
ClassAssertion( :Person :Mary )
```

### Sintaxis RDF/XML

```
<Person rdf:about="Mary"/>
```

---

<sup>8</sup>OWL 2 Web Ontology Language: Mapping to RDF Graphs. Peter F. Patel-Schneider and Boris Motik, eds., 2009.

<sup>9</sup>OWL 2 Web Ontology Language: XML Serialization. Boris Motik, Bijan Parsia, and Peter F. Patel-Schneider, eds., 2009

**Sintaxis de Manchester**

Individual: Mary  
Types: Person

**Sintaxis OWL XML**

```
<ClassAssertion>
  <Class IRI="Person/ >
    <NamedIndividual IRI="Mary/ >
</ClassAssertion>
```

**Sintaxis turtle**

```
:Mary rdf:type :Person .
```

**2.4.6. Administración de las ontologías**

En las ontologías, la información general sobre un tema, se encuentra unida a la ontología, es entonces que se utiliza por varias aplicaciones. A esta información general se le puede dar un nombre. Generalmente es un documento en un lugar donde se localiza la ontología en la Web.

Así la información particular de un tema puede colocarse en la ontología si es utilizada por distintas aplicaciones. Se presenta un ejemplo por tipo de sintaxis.

**Sintaxis de estilo funcional**

```
Ontology(<http://example.com/owl/families>
  ...
)
```

**Sintaxis RDF/XML**

```

<rdf:RDF ...
  <owl:Ontology rdf:about="http://example.com/owl/families/">
  ...
</rdf:RDF>

```

**Sintaxis de Manchester**

```

Ontology: <http://example.com/owl/families>

```

**Sintaxis OWL XML**

```

<Ontology ...
  ontologyIRI="http://example.com/owl/families">
  ...
</Ontology>

```

**Sintaxis turtle**

```

<http://example.com/owl/families>rdf:type owl:Ontology> .

```

**2.4.7. Ejemplos de ontologías**

En la tabla 2.3 Ejemplo de la representación de una ontología se presenta el orden de la presentación de la información en una ontología. En la tabla se define un dominio de empresa para el modelado de puesto y fecha de ingreso de los empleados. En el ejemplo el empleado13 tiene el puesto de soporte, aunque podemos tener que otras columnas que definan nombre, apellidos y fecha de ingreso.

Es importante entender que el sujeto y el predicado representan URIs dentro de este dominio. Aunque los URIs se parecen a los URLs

| Sujeto     | Predicado | Objeto  |
|------------|-----------|---------|
| Empleado13 | puesto    | Soporte |

Cuadro 2.3: Ejemplo de la representación de una ontología

por su estructura semántica son distintos puesto que son identificadores. De esta manera se utilizan estos URI para identificar que el empleado13 es de soporte y el puesto se refiere a un puesto de trabajo.

La definición del puesto dentro del dominio es importante por que diferencia puesto como atributo de una ubicación o actividad. Si el ejemplo fuera sobre la profesión el predicado podría ser título y posible diferenciar entre el atributo de título en un modelo de dominio de una biblioteca o inclusive un modelo de dominio para el contexto de este documento.

Haciendo una analogía de una base de datos y este ejemplo, la llave primaria, el atributo y el valor se convierten en el sujeto, el predicado y el valor respectivamente.

Las ontologías permiten que los objetos sean a su vez sujetos que brinden más información, de esta manera se logran crear grafos de información. Para ilustrar de manera más sencilla el uso de las ontologías se utilizará la imagen 2.7 el ejemplo propuesto por Dr Nouredin Sadawi [45], en la creación de una ontología en Protégé, en la serie de vídeos “A Simple Protege Tutorial”.

En la imagen se aprecia que los círculos representan los sujetos y los atributos son representados por las palabras estudia e imparte. Las sujetos estudiante y docente son subgrupos del sujeto persona y los sujetos matemática y computación son subgrupos del sujeto materia. Con esta definición tenemos que podemos asociar información al estudiante que no asociamos al docente y viceversa como número de carné y el número de plaza.

De esta manera si en nuestra DB tenemos la información que se

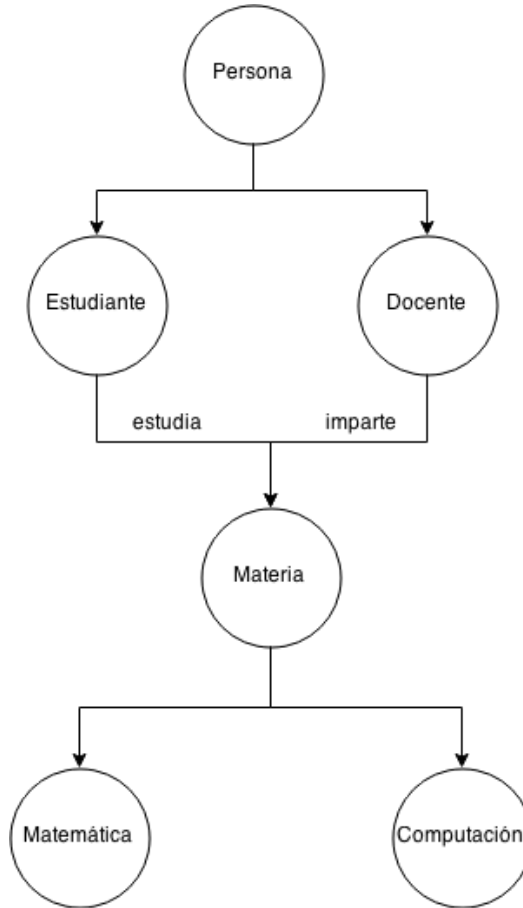


Figura 2.7: Ejemplo de ontología desarrollado por [45]

presenta en la tablas 2.4 Ejemplo de información de estudiante y 2.5 Ejemplo de matrícula de estudiante.

De esta manera cualquier materia de matemática en la que esté matriculado un estudiante y sea impartida por un docente será in-



| Carné   | Materia | Estado |
|---------|---------|--------|
| 9807331 | MA0101  | EC     |
| 9807331 | CA2525  | EC     |

Cuadro 2.4: Ejemplo de información de estudiante

| Plaza  | Curso  |
|--------|--------|
| FS2404 | MA0101 |
| FS3091 | CA2525 |

Cuadro 2.5: Ejemplo de información de docentes

terpretada por tripletas. En nuestro caso si el estudiante tuviera el identificador est1 y los docentes doc1 y doc2 respectivamente representar con la siguiente tabla 2.6 Ejemplo de matrícula de estudiante. Así es como el sistema puede definir que el estudiante 9807331 estudia MA0101 y es impartido por el docente FS2404 y compartirlo mediante un URI a otro sistema.

|      |         |         |
|------|---------|---------|
| est1 | carné   | 9807331 |
| est1 | estudia | MA0101  |
| est1 | estudia | CA2525  |
| doc1 | plaza   | FS2404  |
| doc1 | imparte | MA0101  |
| doc1 | plaza   | FS3091  |
| doc1 | imparte | CA2525  |

Cuadro 2.6: Ejemplo de matrícula de estudiante

Aquí es importante tener claro las definiciones para que el sistema utilice los nombres de los estudiantes y profesores en el mismo ámbito de contexto.

## 2.5. SPARQL

La mejor manera para ilustrar este tema es un ejemplo de lenguaje SPARQL. El ejemplo consiste en tres estudiantes y tres profesores que se encuentran registrados en algunos cursos de "Programación orientada a objetos", "Estructuras de datos IIz "Arquitectura de computadoras". Se definen los prefijos a discreción para información de usuarios e información de cursos.

Los atributos **firstName**, **lastName** hacen referencia al nombre y apellido de los estudiantes y profesores respectivamente y se ubica en la lista de prefijos de lista de nombres. La relación **student** y **teacher** hace referencia a que la persona tiene un rol estudiante o profesor en un curso respectivamente.

```
@prefix ab: <http://learningsparql.com/ns/addressbook#>.
```

```
@prefix cr: <http://learningsparql.com/ns/course#>.
```

```
ab:i0432
```

```
  ab:firstName "Jose";  
  ab:lastName "Ramírez";  
  ab:student cr:i9774 ;  
  ab:student cr:i9776 .
```

```
ab:i8301
```

```
  ab:firstName "Max";  
  ab:lastName "Castro";  
  ab:student cr:i9775;  
  ab:student cr:i9774.
```

```
ab:i9771
```

```
  ab:firstName "Luisa";  
  ab:lastName "Mora";
```

```
ab:student cr:i9775;  
ab:student cr:i9776.
```

```
ab:i8304  
  ab:firstName "Fernando";  
  ab:lastName "Rojas";  
  ab:teacher cr:i9775.
```

```
ab:i8403  
  ab:firstName "Janeth";  
  ab:lastName "Arias";  
  ab:teacher cr:i9776.
```

```
ab:i8543  
  ab:firstName "Karol";  
  ab:lastName "Vargas";  
  ab:teacher cr:i9774.
```

```
cr:i9775  
  cr:codeId "CA2132";  
  cr:courseName "Programación orientada a objetos".
```

```
cr:i9776  
  cr:codeId "CA1232";  
  cr:courseName "Estructuras de datos II".
```

```
cr:i9774  
  cr:codeId "CA5432";  
  cr:courseName "Arquitectura de computadoras".
```

Entre las principales diferencias que podemos observar es la forma que se presenta la información. A diferencia de la base de datos, la

definición de los RDF/XML permite tener más de una línea de información sobre un mismo tema. Se puede ver claramente en el caso de **Luisa Mora**. Este mismo comportamiento puede ocurrir para los profesores o para usuarios que sean estudiantes en unos cursos y sean profesores en otros cursos pero por efectos de ejemplo se omite.

El primer ejemplo que se ejecuta es la consulta de los profesores para la estudiante Luisa.

```
PREFIX ab: <http://learningsparql.com/ns/addressbook#>
PREFIX cr: <http://learningsparql.com/ns/course#>

# Consulta de profesores para la estudiante Luisa
SELECT ?courseName ?teacherFN ?teacherLN ?studentFN ?studentLN
WHERE
{
  ?student ab:student ?course;
           ab:firstName "Luisa";
           ab:firstName ?studentFN;
           ab:lastName ?studentLN.
  ?profesor ab:teacher ?course;
           ab:firstName ?teacherFN;
           ab:lastName ?teacherLN.
  ?course cr:courseName ?courseName;
           cr:codeId ?courseId.
}
```

Las variables dentro del “SELECT” son las variables de salida de la consulta. Como se esta seleccionando los profesores y cursos para Luisa puede omitirse el nombre de la estudiante pero se dejan para fines ilustrativos.

La sección de “WHERE” es donde se realizan las asociaciones; se toma del estudiante los atributos de nombre, apellidos y curso. Estos se asocian con la información de profesor y con la información de los cursos. Los nombres **student**, **profesor** y **course** también son de selección discreta.

En la tabla 2.7 Respuesta de la consulta de SPARQL, se presenta la respuesta de este ejemplo.

| “courseName”                       | “teacherFN” | “teacherLN” | “studentFN” | “studentLN” |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| “Estructuras de datos II”          | “Janeth”    | “Arias”     | “Luisa”     | “Mora”      |
| “Programación orientada a objetos” | “Fernando”  | “Rojas”     | “Luisa”     | “Mora”      |

Cuadro 2.7: Respuesta de la consulta de SPARQL

Esta misma respuesta de forma cruda:

```
{
  "head": {
    "vars": [ "courseName", "teacherFN", "teacherLN", "studentFN", "studentLN" ]
  },
  "results": {
    "bindings": [
```

```

{
  "courseName": { "type": "literal", "value": "Estructuras de datos II" },
  "teacherFN": { "type": "literal", "value": "Janeth" },
  "teacherLN": { "type": "literal", "value": "Arias" },
  "studentFN": { "type": "literal", "value": "Luisa" },
  "studentLN": { "type": "literal", "value": "Mora" }
},
{
  "courseName": { "type": "literal", "value": "Programación orientada a objetos" }
,
  "teacherFN": { "type": "literal", "value": "Fernando" }
,
  "teacherLN": { "type": "literal", "value": "Rojas" }
,
  "studentFN": { "type": "literal", "value": "Luisa" }
,
  "studentLN": { "type": "literal", "value": "Mora" }
}
]
}
}

```

## 2.6. Herramientas para el desarrollo del modelo

Para el desarrollo del modelo se va a utilizar la plataforma de Protégé [50]. Protégé es una plataforma libre de código abierto desarrollado en Stanford University. Actualmente se encuentran con desarrollando la versión 5 de la plataforma.

### Por que protégé

Esta plataforma brinda al desarrollador un conjunto de herramientas para la construcción de modelos de ontologías.

Según [18] sus razones para la selección de Protégé fueron:

- Es un ambiente bien desarrollado y probado. También provee facilidades para el desarrollo de conocimiento basado en estructuras representando las relaciones entre varios conceptos y atributos de esos conceptos que son conocidos.
- Las complementos gráficos utilizados para el desarrollo de la ontología ayudan a entender las relaciones que puedan existir entre varias partes del sistema de dominio de ontologías.
- El sistema no necesita crear objetos, clases y otros desde cero. Además de proveer relaciones entre ellos.
- Los sistemas construidos sobre ontologías proporcionan flexibilidad e interoperabilidad entre los sistemas.

Para el profesor Ray Ferguson, de Stanford University, en su curso Curso corto de Protégé - Protégé vs. Databases [25]. El profesor da algunas aclaraciones sobre las diferencias sobre el uso de las ontologías y las bases de datos que sirven para entender y justificar el uso de esta plataforma.

Ferguson en su clase define que Protégé es un herramienta. Esta es muy parecida a una base de datos. En la tabla 2.8 Diferencias entre Protégé y las bases de datos se presentan esta características.

|   | Protégé  | Base de datos  |
|---|--|--|
| Énfasis de modelo vs datos              | Existe un mayor interés en el modelado que en los datos  | Es más importante los datos que el modelado              |
| Énfasis en expresividad sobre desempeño | Lenguaje de modelado más rico, herencia de relaciones, restricciones para sobrescribir, define redes de relaciones | Lenguaje de modelado sencillo, optimizado para velocidad |

Cuadro 2.8: Diferencias entre Protégé y las bases de datos.

El profesor también define que es mejor utilizar Protégé en vez de una base de datos cuando:

- El modelo es “datos ricos” que consisten en relaciones que son frecuentemente transversales.
- El diseño de los requerimientos y las aplicaciones están en constante cambio y no están claramente definidos.
  - Protégé es un buen ambiente para la exploración y experimentación.
  - Rápidas iteraciones son posibles por cambios entre el modelo, los datos y las aplicaciones.



Es importante recalcar un detalle sobre las diferencias entre el modelado de las bases de datos y las ontologías. Para facilitar su entendimiento se utiliza un ejemplo en función de la academia.

La representación de la información de un docente en una base de datos es representada en la tabla 2.9 Ejemplo de representación de información personal en base de datos. Este ejemplo se realizó de manera arbitraria y responde a la necesidad de que un docente pertenece a una y solo una escuela.

| Identificación | Nombre | Apellido  | Escuela |
|----------------|--------|-----------|---------|
| 102220333      | Carlos | Rodríguez | AE      |
| 203330444      | María  | Castro    | CA      |

Cuadro 2.9: Ejemplo de representación de información personal en base de datos.

Esta misma información en una ontología se puede ver de la siguiente manera.

- persona: 1
  - persona:identificación 102220333 ;
  - persona:nombre “Carlos”;
  - persona:apellido “Rodríguez”;
  - persona:escuela “AE”.
- persona: 2
  - persona:identificación 203330444 ;
  - persona:nombre “María”;
  - persona:apellido “Castro”;

- persona:escuela “CA”.

Si el docente Carlos se registrará como profesor en la escuela AE y CA para la ontología es solo agregar un registro más.

- persona:1
  - persona:identificación 102220333 ;
  - persona:nombre “Carlos”;
  - persona:apellido “Rodríguez”;
  - persona:escuela “AE”;
  - persona:escuela “CA”.
- persona:2
  - persona:identificación 203330444
  - persona:nombre “María”;
  - persona:apellido “Castro”;
  - persona:escuela “CA”.

Mientras que para la base de datos esto implica un cambio en el modelado ya que su diseño no puede responder a esta necesidad. Esta característica es diferencia de manejo de esquemas entre el manejo de información de las ontologías y las bases de datos.

## 2.7. Lógica descriptiva

El propósito de uso de las ontologías es el uso de la lógica descriptiva (DL). La DL es aquella que utiliza para la descripción de la semántica. Su alfabeto se basa en:

- Clase u objeto. Nombre que se le asigna al grupo de objetos.
- Propiedades de objeto. Nombre que se le asigna propiedades del objeto.
- Propiedades de los datos. Nombre de los conceptos que se pueden relacionar un rol a objeto.

La DL nos permite definir relaciones entre las clases. Vamos a abordar este tema mediante el uso de un ejemplo simple.

- ab:i0432
  - ab:firstName “Richard”;
  - ab:lastName “Mutt”;
  - ab:spouse ab:i9771 .
- ab:i8301
  - ab:firstName “Craig”;
  - ab:lastName “Ellis”;
  - ab:patient ab:i9771 .
- ab:i8301
  - ab:firstName “Cindy”;
  - ab:lastName “Marshall”.
- ab:spouse
  - rdf:type owl:SymmetricProperty ;
  - rdfs:comment “Identifies someone’s spouse”.

- ab:patient
  - rdf:type rdf:Property ;
  - rdfs:comment “Identifies a doctor’s patient”.
- ab:doctor
  - rdf:type rdf:Property ;
  - rdfs:comment “Identifies a doctor treating the named resource”;
  - owl:inverseOf ab:patient .

¿Qué podemos definir de Cindy? Se pueden definir que Richard es el cónyuge y Craig es el doctor de Cindy. La razón por que el sistema puede definir que Richard es cónyuge (spouse) de Cindy es por que definimos la relación cónyuge como simétrica ( $A \rightarrow B$ ) lo que significa que si A se relaciona con B, B se relaciona con A. Por otro lado el sistema puede definir que Craig es el doctor de Cindy por que definimos la relación paciente como inversa de la relación doctor por tanto si Craig tiene como paciente a Cindy entonces Cindy tiene como doctor a Craig.

Así como esta deducción podemos definir otro tipo de relaciones que nos ayudan a definir comportamientos sobre los usuarios.

## 2.8. Comunicación con los sistemas externos

Para la comunicación con los sistemas externos se analizan los estándares de manejo de la información. Se consideraron dos tipos; el IMS-LIP (IMS Learner Information Package) [54] y el IEEE PAPI (Public and Private Information) [32]. El manejo de la información se aplica cuando se da la salida de la información en la consulta.

### 2.8.1. IMS-LIP

Los creadores de este modelado de información son el proyecto de Sistemas de Gestión Instruccionales (IMS) que inicia en 1997 [33]. En el 2005 liberan IMS LIP (Learning Information Package structure) versión 1.0.1. Esta especificación fue desarrollada para el intercambio de información de los estudiantes de manera estándar. El núcleo de la estructura de IMS-LIP es:

- **Identificación:** Información relevante sobre el estudiante biográfica y demográfica.
- **Meta:** Aprendizaje, carrera, otros objetivos y aspiraciones.
- **Calificaciones, certificaciones y licencias:** Calificaciones, certificaciones y licencias ganadas y reconocidas por las autoridades.
- **Actividad:** Cualquier actividad de aprendizaje relacionada en cualquier estado de finalización. Puede ser autoinformada e incluye información formal, informal, entrenamiento, experiencia profesional, servicio civil o militar.
- **Transcripción:** Un registro que es utilizado para proveer un resumen basado institucionalmente del logro académico.
- **Interés:** Información describiendo pasatiempos y actividades recreativas.
- **Atributos:** Destrezas, conocimiento y habilidades adquiridas en dominios cognitivos, afectivos o psicológicos.
- **Afiliación:** Membresía a organizaciones profesionales.
- **Accesibilidad:** Accesibilidad general a la información del estudiante definida como capacidades de lenguaje, discapacidades,

encuadramientos (formación de grupos), preferencias de aprendizaje incluyendo preferencias cognitivas, preferencias físicas y tecnológicas.

- Clave de seguridad: Conjunto de claves y contraseñas asignadas al alumno para la uso de la información en los sistemas y servicios de información del alumno.
- Relación: Relaciones entre los componentes del núcleo.

De esta manera todos estos datos pueden estar incluidos en uno o varios archivos bajo el elemento “<learnerinformation>”. Para cada categoría del IMS LIP existen elementos XML que pueden ser excluidos en caso de que no sean necesarias para la aplicación específica.

De esta manera según [36], aun siendo complejo codificar las características del estudiante utilizando una estructura como IMS LIP, los beneficios del uso de los protocolos de comunicación estandarizados son evidentes.

La reutilización de datos, mayor conocimiento y aplicaciones adaptativas de e-Learning tendrán mejores ajustes a las necesidades de los estudiantes. Así los datos y conocimientos acumulados sobre ellos pueden compartirse más fácil con otras aplicaciones. Esto apoya la creación de aplicaciones mas adaptables e inteligentes.

### 2.8.2. IEEE PAPI

El otro sistema de modelado que se encuentra es el del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) fundado en 1963. Ellos definen el IEEE PAPI (Personal and Private Information) [32]. En [30], PAPI puede clasificar la información entre:

1. Personal: Contiene la información sobre nombres, contactos y direcciones del usuario.

2. Relaciones: Se utiliza para describir las relaciones entre los usuarios, por ejemplo (classmate, teacherIs, teacherOf, instructorOf, belongsTo, belongsWith)
3. Seguridad: Tiene como objetivo establecer credenciales y permisos de acceso.
4. Preferencias: Contiene el tipo de dispositivos y objetos que el usuario puede reconocer.
5. Rendimiento: Almacena la información sobre el rendimiento medido del usuario a través del material de aprendizaje (Conocimiento del usuario).
6. Portafolio: Acceso a la experiencia previa de un usuario.

En el desarrollo de la propuesta se va a utilizar el IMS-LIP. Esta decisión se toma por el uso de IMS que se tiene en la plataforma del TEC Digital.

## 2.9. Resumen del marco teórico

Para el desarrollo del modelo de usuario basado en ontología es necesario contar con tres componentes.

El **modelo de usuario** para la información personal y referencias del estudio del estudiante. Este modelo contiene la evaluación de los estilos de aprendizaje que ayuda a seleccionar, según las preferencias del estudiante, la configuración del sistema y selección los objetos de aprendizaje.

El **modelo de dominio** para la representación de la información del curso tanto en objetivos como información general. Esta información permitirá definir el nivel de conocimiento de los estudiantes y cuales son sus metas. Según los objetivos se puede medir el nivel de

conocimiento adquirido por los estudiantes aplicando la taxonomía de Bloom.

El **modelo de conocimiento** define el conocimiento alcanzado por el estudiante así como las metas que debe alcanzar, con el se puede mapear el conocimiento adquirido. Este modelo se puede ver como un DM pero basado en el conocimiento de los estudiantes.

Las ontologías son aplicaciones que nos ayudan a compartir información entre sistemas. Nos brindan vocabulario de forma que, aunque estos sistemas sean heterogéneos, sea posible compartir y reutilizar información.

Para entender de manera más sencilla las ontologías, estas se pueden comparar con el diseño de las bases de datos. Esto permite que las mismas se pueden clasificar en tres según su lenguaje: OWL-Lite (herencia simple), OWL-DL (lógica descriptiva) y OWL-Full (integridad del lenguaje).

También se pueden clasificar según su uso. Esta clasificación es: ontología de dominio (dominio particular), ontología genérica (varios dominios), ontología de aplicación (modela un dominio) y ontología de representación (sin un dominio particular). Existe una gran importancia en que el vocabulario este bien definido entre las ontologías para definir el correcto uso de los conceptos.

Entre las muchas ventajas del uso de las ontologías esta la comunicación, el análisis y la reutilización de la información, además de reducir el costo y facilitar la comunicación entre sistemas y personas.

Es importante recordar que las ontologías no están hechas para el entendimiento humano sino para el procesamiento de los sistemas. Como se en la definición sintáctica de la ontología. Estas se pueden desarrollar utilizando las sintaxis de estilo funcional, RDF/XML (única obligatoria para cualquier editor), sintaxis de Manchester, sintaxis de turtle.

Para las consultas entre las ontologías se utiliza el lenguaje de SPARQL.



---

## 3. Análisis de los requerimientos

---

Para el correcto diseño de una ontología es vital entender que tratan de resolver las ontologías y cual es la necesidad que se va a satisfacer. Con este fin, el desarrollo de la ontología debe responder a cuatro preguntas:

- ¿Cuál es el dominio de la ontología?
- ¿Para qué se va a utilizar la ontología?
- ¿Qué preguntas debe responder la ontología?
- ¿Quién utilizará y dará mantenimiento a la ontología?

Como parte del análisis de los requerimientos, se va a responder cada una de estas preguntas con el fin de que sean claros los objetivos y metas en su desarrollo. Las respuestas a estas preguntas pueden cambiar conforme se vaya utilizando la ontología por la aparición de nuevos objetivos o necesidades de los programas asociados.

Como se mencionó en el capítulo anterior, a diferencia de las BD, los cambios forman parte del mantenimiento de la ontología. Inclusive solo en el desarrollo de esta tesis el diseño ha ido cambiando según se replantean las respuestas a estas preguntas y los análisis realizados.

Para esta investigación las respuestas a estas preguntas son:

- El dominio de la ontología se basa en el desarrollo de un modelo de usuario que sirva para modelar el conocimiento de los estudiantes. De esta manera esta ontología se compone en tres ontologías que corresponden a:

- El modelo de usuario (UM)
  - El modelo de dominio (DM)
  - El modelo de conocimiento (KM)
- La ontología se desea utilizar para tener un seguimiento del aprendizaje, nivel de conocimiento y competencias de los estudiantes. Se pueden realizar agrupaciones de estudiantes según los niveles de aprendizaje y competencias requeridas para un determinado perfil. Este sistema también puede ser útil para que otros programas asociados puedan realizar recomendaciones a los estudiantes según el nivel de conocimiento requerido para un determinado tema o presentar la información al usuario según sus estilos de aprendizaje.
  - Entre las preguntas que va a responder esta ontología están:
    - ¿Cuál es el nivel de aprendizaje y competencias de los estudiantes para cada objetivo de la materia según la taxonomía de Bloom? (Modelo de conocimiento)
    - ¿Cuáles son los estilos de aprendizaje de los estudiantes? (Test de Felder)
    - ¿Cuáles deben ser las características que deben tener el modelo de usuario para la realización de recomendaciones según otros sistemas asociados? (Ontologías)
    - ¿Se puede realizar un análisis de los características de los estudiantes según el modelo de usuario que determine el éxito?
  - Los usuarios del sistema son investigadores y directores que buscan conocer y modelar el nivel de conocimiento y las competencias de los estudiantes en el proceso de aprendizaje. Así mismo ayudar a otros sistemas asociados, como por ejemplo ARHOA

[48], con características del usuario y el nivel de conocimiento requerido en la selección de los LOs para objetos de aprendizaje. El mantenimiento de la ontología es responsabilidad del TEC Digital, el Departamento de Admisión y Registro (DAR) y las escuelas. Este mantenimiento consiste en las nuevas necesidades de los usuarios y registro de información para nuevos sistemas asociados por parte de TEC Digital. El DAR provee cambios en el currículum y las escuelas los cambios o nuevos objetivos en las materias así como las competencias.

A su vez, como este sistema trabajará con los otros sistemas del TEC Digital, el sistema de OBUM necesita que se ingrese la información del DM así como el uso de la herramienta.

Este uso hace que sea necesario establecer niveles y características de los actores y usuarios del sistema. Estos actores y usuarios se clasifican en tres tipos. Estos tipos son:

- Administrador. Son caracterizados por ser usuarios administradores del TEC Digital, se pueden dar permisos a otros usuarios como directores. Sus funciones son mantener actualizado el DM y verificar posibles problemas.
- Director. Realizan los análisis sobre los conocimientos y competencias de los estudiantes, así como agrupaciones de estudiantes.
- Profesor. Son los responsables de impartir el curso y son asignados por las escuelas y áreas académicas. Entre sus funciones están el uso del diseño instruccional para determinar según la semana que se encuentre, cuales son los objetivos evaluados y las competencias. Estos objetivos y competencias deben ser asociados a las evaluaciones de manera que se realizar un seguimiento del dominio del estudiante en el curso, más allá de una simple nota.

- Estudiante. Son los usuarios principales del sistemas. Su información es analizada para registrarlo como miembro de un determinado curso y grupo de tipo de usuarios. De esta manera se puede se realizar un seguimiento del conocimiento y competencias.

El origen de toda esta información se encuentra en varias bases de datos como son las del Departamento de Admisión y Registro (DAR), TEC Digital y la información de los programas de curso de las materias en las Escuelas y Áreas académicas.

La plataforma del TEC Digital ya cuenta con un sistema Modelo de Usuario. Para el DM es necesario desarrollar un sistema que incluya el registro curricular. Este registro curricular se crea basado en los planes de estudio, los objetivos de la materia y las competencias.

## 3.1. Casos de uso

Se desarrollaron los casos de uso de manera que se pueda definir los tipos de usuario y según los tipos de sistema que objetivo se busca alcanzar.

- Registro de estudiantes.
- Registro de planes de estudio.
- Registro de materias.

### 3.1.1. Registro de estudiantes

Estas sección es exclusiva para los administradores de la plataforma del TEC Digital pero existe una función para el registro de test de Felder. Su función consiste en registrar o borrar los estudiantes.

Los casos de uso se este sistema son:

- Registro de nuevos estudiantes. Se comparan las listas de estudiantes activos obtenidas en el DAR con la lista de los estudiantes registrados en el sistema. Se ingresan a los nuevos estudiantes.
- Registro de nuevo estudiante. Se ingresa el número de carné de un estudiante y se registra en la lista. Si el estudiante se encuentra en estado borrado se pasa a estado activo.
- Borrado de estudiante. Se borra al estudiantes para análisis.
- Registro de estilos de aprendizaje. El estudiante realiza el evaluación de Felder para el registro de estilos de aprendizaje.

### 3.1.2. Registro de planes de estudio

Esta sección es para administradores de la plataforma del TEC Digital y usuarios autorizados. Su función consiste en registrar o inactivar planes de estudio.

Los casos de uso de este sistema son:

- Registrar planes de estudio. Se comparan la lista de los planes de estudio obtenidos en el DAR con la lista de planes registrados en el sistema. Se ingresan los planes de estudio inexistentes. Este registro incluye las materias equivalentes, periodo del plan y escuela que imparte el curso entre otros.
- Registrar plan. Se ingresa el código del plan y se registra en la lista. Si el plan se encuentra inactivo se pasa a estado activo.
- Borrar plan. Se borra el plan para análisis.

### 3.1.3. Registro de materias

Esta sección es para uso de administradores de la plataforma del TEC Digital y usuarios autorizados. Su función es la asociación de las

materias a un plan. Para esto es necesario que el plan sea definido previamente.

Los casos de uso de este sistema son:

- Registro de nueva materia. Se detalla más adelante.
- Edición de materia. Edición de cualquiera de los parámetros de registro de las materias.
- Registrar materia. Se registra una materia, esta puede haber sido borrada.
- Borrado de materia. Su alcance no abarca el borrado del plan.

El registro de nueva materia se basa en el ingreso de la información y objetivos de la misma. Este registro incluye:

- Código. Identificación de la materia (Código de la materia que consistente en seis caracteres).
- Planes. Código de los planes a los que pertenece la materia.
- Periodo. Según el plan el periodo de la carrera donde se encuentra la materia (Año, modalidad y periodo de la carrera).
- Carrera. Según el plan si la materia es de carrera o servicio.
- Escuela. Escuela que imparte la materia.
- Equivalencias. Materias a las que esta es equivalente.
- Requisitos. Materias que debe tener aprobadas para llevar esta materia.
- Correquisitos. Materias que debe tener matriculadas para llevar esta materia.

- **Objetivos.** Objetivos que cumple el estudiante una vez aprobada la materia.
- **Nivel de conocimiento.** Evaluación según la escala de Bloom de los objetivos de la materia.
- **Competencias.** Competencias que se busca alcanzar con la materia.

### 3.1.4. Reportes

Estos casos de uso para los administradores de la plataforma del TEC Digital y los usuarios autorizados. Su función es presentar información sobre los distintos opciones del sistema.

Los casos de uso de este sistema son:

- Reportes de estudiante
  - Reporte de información de estudiante. Entrada: carné del estudiante. Devuelve la información del estudiante las materias aprobadas, los objetivos alcanzados y competencias.
  - Reporte de estudiantes por plan. Distribución de los estudiantes según el plan de estudios y sus preferencias de estudio.
  - Reporte de estudiantes por preferencias de estudio. Distribución de los estudiantes según sus preferencias de estudio.
  - Reporte de estudiantes por materia. Entrada: valor mínimo de conocimiento, la selección de la materia y el objetivo que se busca.
- Reporte de planes

- Consulta de planes. Lista de planes activos.
- Consulta de materias en el plan. Entrada: código de plan. Devuelve la lista de materias para el plan y el número de estudiantes registrados en el plan.
- Consulta de planes borrados. Lista de planes excluidos de la lista.
- Reporte de materia
  - Consulta de información de materia. Entrada: código de la materia. Devuelve la lista de información de la materia sobre requisitos, correquisitos, objetivos y nivel de aprendizaje entre otros.
  - Consulta de materias borradas. Devuelve la lista de las materias borradas.

## 3.2. Interacción con otros sistemas

Como parte del desarrollo del sistema es importante conocer como este sistema va a interactuar con otros sistemas. Esto con el fin de que no interrumpa la funcionalidad y evita la duplicación de la información en la medida de lo posible.

Como parte del análisis de los requerimientos es necesario conocer como va a interactuar el sistema con los otros sistemas del TEC Digital. Este tipo de extracción de la información debe hacer por uso de métodos. En relación a la información que va venir de los sistemas externos como el Departamento de Admisión y Registro (DAR) y los repositorios de aprendizaje en Internet se realizar por medio de métodos de Web Service y a través de ARHOA.

Se va a interactuar con los sistemas de:

- Sincronización de matrícula.



- Modelo de usuario
- Permisos de aplicaciones especiales
- Sistema de integración de IMS-LD en dotLRN
- ARHOA
- Web service del DAR.

En la imagen 3.1 Integración de OBUM con los servicios del TEC Digital se detalla como se interactúa con los sistemas.

El sistema de sincronización de matrícula almacena la información de los estudiantes, profesores, planes de estudio y escuelas. La información que se puede extraer sobre los estudiantes es

- Identificador del estudiante en la plataforma
- Carné del estudiante
- Código de la escuela a la que pertenece

De la información de planes de estudio se puede extraer:

- Escuela a la que pertenece el plan
- Códigos de los planes
- Grado académico del plan
- Materias del plan de estudios

El test de Felder será extraído del UM. El sistemas de permisos de aplicaciones especiales es el nos va a permitir autorizar a los usuarios registrar los objetivos y las materias. El acceso a los profesores de para la herramienta será directamente sobre el curso en que se encuentre

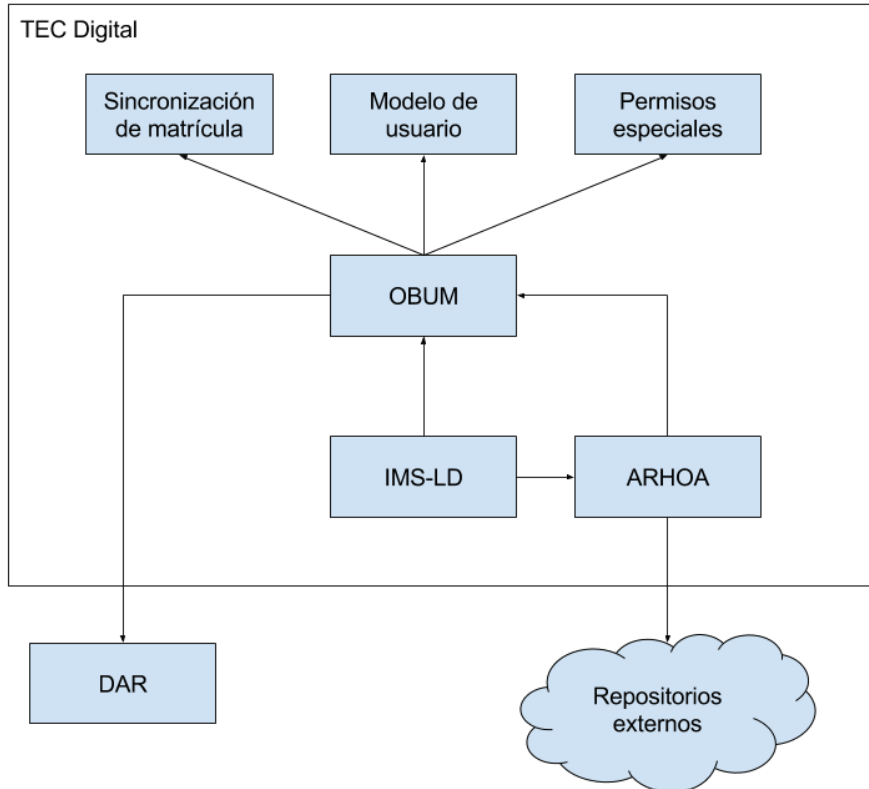


Figura 3.1: Integración de OBUM con los servicios del TEC Digital

registrado en ese momento. La presentación de los LOs se realiza a través del sistema de integración de IMS-LD en dotLRN.

Es necesario establecer dentro del módulo de evaluaciones un componente que permita al profesor registrar los objetivos y las competencias que esta evaluando. Este componente establecería el nivel de dominio y las competencias alcanzadas por el estudiante sobre la materia. En esta forma se tiene un almacenamiento de la nota final y

las distintos alcances de aprendizaje y competencias alcanzados por el estudiante.

### **3.2.1. Resumen de análisis de los requerimientos**

No existen diseños erróneos sobre el desarrollo de las ontologías. Pero es muy importante que se tengan claras las respuestas acerca del dominio, uso, actualización y que se busca de la ontología.

En nuestra investigación según los análisis y las investigaciones de otros autores se requieren tres modelos. Un modelo de usuario que contenga la información de los usuarios; entre ellas los estilos de aprendizaje. Un modelo de dominio que permita conocer los objetivos, nivel de conocimiento y competencias. Además de establecer el orden en que se deben llevar las materias. Por último, el modelo de conocimiento que permita hacer la selección el conocimiento y las metas del estudiantes.



---

## 4. Desarrollo del modelo

---

Para abordar el tema del diseño del modelo vamos a detallar distintos sistemas que son necesarios para este fin. Estos sistemas son los encargados del manejo de la información de los usuarios, manejo de la información de materias y otros.

Primeramente vamos a iniciar con los distintos modelos de la ontología. Se definen las características del modelo de usuario (UM), modelo de dominio (DM), modelo de conocimiento (KM) y los sistemas de administración de la información. Como se explicó anteriormente el UM, DM y KM son ontologías por si mismas. Esta arquitectura demanda que exista una comunicación entre las diferentes ontologías, comunicación que se da con el uso de un lenguaje para consulta de grafos en RDF; SPARQL.

### 4.1. Características del modelo de usuario

En la tabla 4.1 Características y descripción del UM se presenta los datos necesarios para el modelo de usuario.

Es importante que se tenga claro que el UM de que utiliza en la plataforma de TEC Digital, tiene un mayor número de características pero por razones de uso de la ontología se utilizan solo estas características.

Actualmente el Tecnológico de Costa Rica no cuenta con un modelo usuario oficial. Es importante incentivar la formalización de un modelo de usuario que incluya características como los estilos de aprendizaje.

Cuadro 4.1: Características y descripción de datos del UM

| Característica | Descripción                                  |
|----------------|--|
| Identificador  | Identificador dentro de la plataforma        |
| Carné          | Identificador único del estudiante en el TEC |
| Nombre         | Nombre del estudiante                        |
| Apellidos      | Apellidos del estudiante                     |
| Plan           | Plan de estudios                             |
| Preferencias   | Test de Felder                               |

También se encontró durante la investigación que no es viable incluir el modelo de competencias debido a que el modelo de competencias se aplica únicamente para efectos de acreditación. Este proceso consiste en tomar una muestra aleatoria de pistas para el registro de cumplimiento de las competencias. Al no ser una valoración a todos los estudiantes no puede ser registrado dentro del modelo de usuario basado en ontologías. Se ve importante incentivar el uso de registro de evidencias para todos los estudiantes.

Se definen las relaciones entre la información. Esta relaciones no son reflexivas por tanto van en una sola dirección. Estas relaciones de información son:

- tieneInteres. El estudiante tiene un interés en un determinado plan. Esta relación es uno a uno por tanto el estudiante no puede tener múltiples planes.
- tienePreferencia. El estudiante tiene una determinada preferencia de aprendizaje. Esta relación es de uno a uno. El estudiante tiene una sola preferencia de aprendizaje. Esta relación es por cada una de las características de Felder.
- preferencia. Las características de la prueba de Felder son de

preferencia del estudiante. Esta relación es de uno a muchos por tanto pueden existir muchos estudiantes con esta preferencia.

En la imagen 4.1 Representación de Modelo de Usuario se puede apreciar un ejemplo de esta ontología y como se asocia la información. Por razones de imagen no se presentan las características del modelo (nombre, apellidos, carne entre otros).

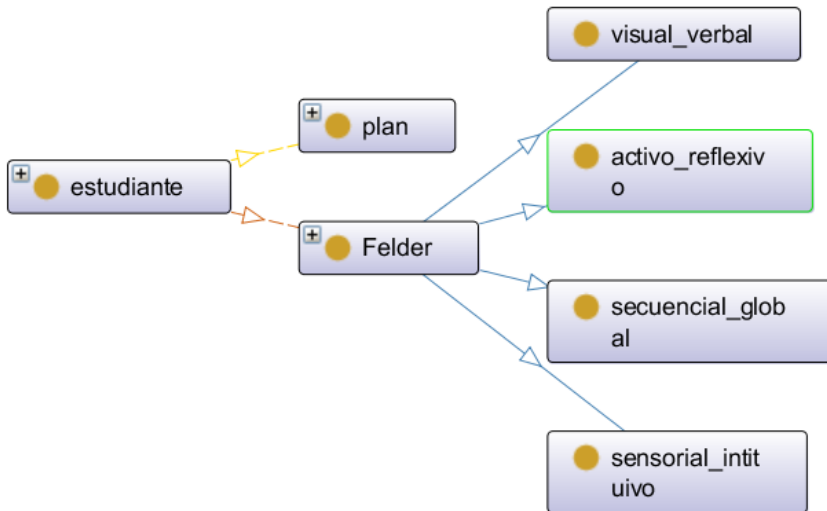


Figura 4.1: Representación de Modelo de Usuario

La línea amarilla representa que el estudiante tiene interés en un plan. Mientras que la línea roja representa que el estudiante tiene preferencias de aprendizaje según Felder. Las características de Felder están representadas por las líneas azules.

## 4.2. Características del modelo de dominio

El DM representa la información del curso para que sea modelado así como el nivel de conocimiento y las competencias que va a adquirir el estudiante. Este modelo nos ayuda a definir el conocimiento antes de la interacción y el adquirido posterior a la aprobación del curso. El desarrollo del DM se debe determinar según los cursos de los planes de estudio, por tanto pueden existir tantos DM como planes de estudio.

Otra forma de verlo es como un DM que tiene todas las materias y existen relaciones que establecen los planes de estudio, requisitos, cor-requisitos, equivalencias y periodo en que se da. Desde esta óptica los estudiante se asocian a un determinado plan que establece el conjunto de materias.

Se definen las características de los planes de estudio, las características del departamento y se establece los objetivos de los cursos. Los objetivos de los cursos se establecen según la taxonomía de Bloom. En la imagen 4.2 Piramide de Bloom se presentas los distintos niveles de conocimiento que puede adquirir el estudiantes. A mayor sea el nivel más conocimiento es necesario para alcanzarlo. Más adelante en el documento se da un ejemplo de como se realiza esta evaluación.

Las características del modelo de dominio son:

- Id plan: Identificador único del plan.
- Grado: Nivel del grado académico del plan. (Fines estadísticos)
- Id materia: Identificador de la materia.
- Id departamento: Identificador de la escuela.
- Id materia: Identificador de la materia



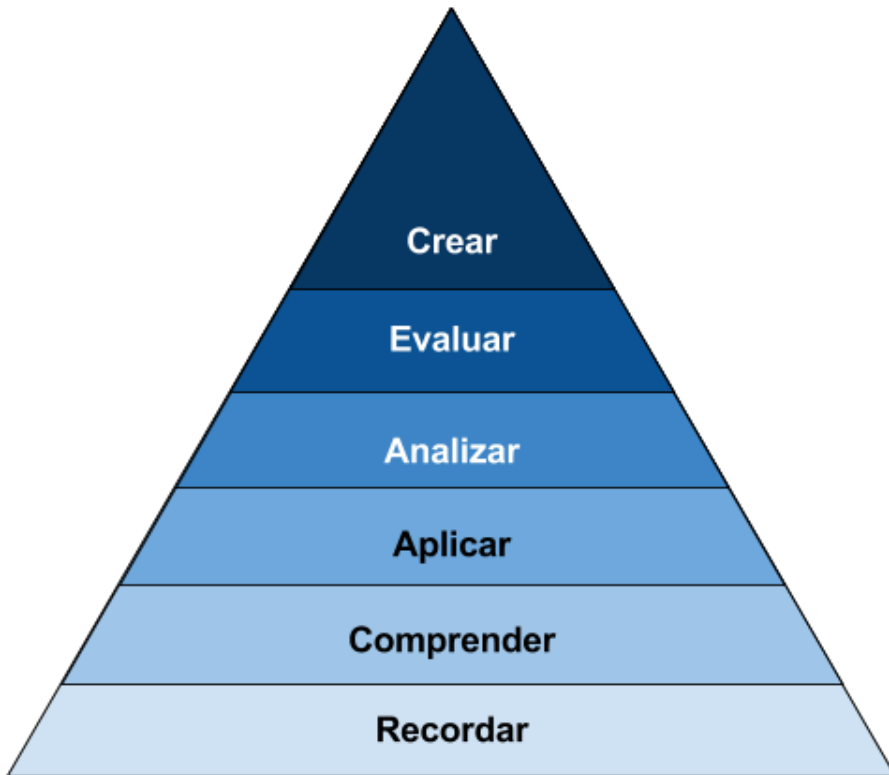


Figura 4.2: Piramide de Bloom

- **Periodo:** Periodo de la carrera donde se imparte la materia.
- **Tipo de materia:** Materia de servicio o de plan.
- **Objetivo:** Objetivo de la materia. (Nivel de aprendizaje mediante escala de Bloom)
- **Competencias:** Competencias que busca alcanzar con la materia.

Las relaciones que existen en este modelo son:

- **imparte.** La escuela es responsable de impartir la materia. La relación es uno a muchos por tanto una escuela imparte múltiples materias.
- **conjunto.** El plan es un conjunto de materias. La relación es uno a muchos por tanto un plan puede estar en múltiples planes.
- **pertenece.** La materia pertenece a un plan. Esta relación es uno a muchos por tanto la materia puede pertenecer a varios planes.
- **equivalente.** La materia es equivalente a otra materia. Esta relación es reflexiva de uno a uno.
- **tieneRequisito.** La materia tiene como requisito otra materia. Esta relación puede estar sujeta al plan e incluye el concepto de corequisito.
- **esRequisito.** La materia es requisito otra materia.

La imagen 4.3 Representación de DM se presenta el detalle de esta ontología. Por razones de presentación se omiten los detalles de las características. La línea café representa la relación *imparte*, la línea amarilla representa la relación *conjunto* y las líneas azules los subconjuntos de materia de servicio y carrera.

### **4.3. Características del modelo de conocimiento**

Anteriormente, se detalló en la sección 2.3 Modelo de conocimiento; el KM es un DM definido por el conocimiento y metas del estudiante. Este conocimiento y metas que se define en el KM se encuentra dentro

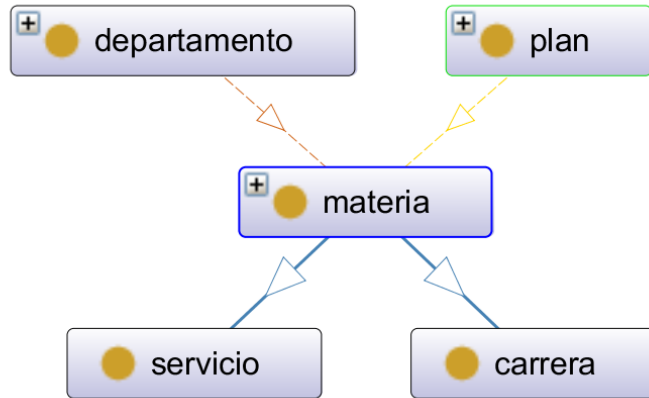


Figura 4.3: Representación de Modelo de Dominio

de los alcances del DM. Esto quiere decir que cualquier conocimiento adquirido fuera de los alcances del DM no es contemplado en el KM. Ejemplo de esta condición de exclusión son estudios de secundaria, talleres libres u otros.

Este modelo contiene características del UM para asociar al estudiante y del DM para la identificación de conocimiento y metas. Las características que definen este modelo son:

- Carné: Identificador del estudiante.
- Id materia: Identificador de la materia.
  - Conocimiento: Materias aprobadas distribuidas por nivel de aprendizaje en los objetivos.
  - Metas: Materias pendientes.

Las relaciones este modelo son:

- aprobada. La materia fue aprobada por el estudiante.
- pendiente. La materia esta pendiente de aprobación.

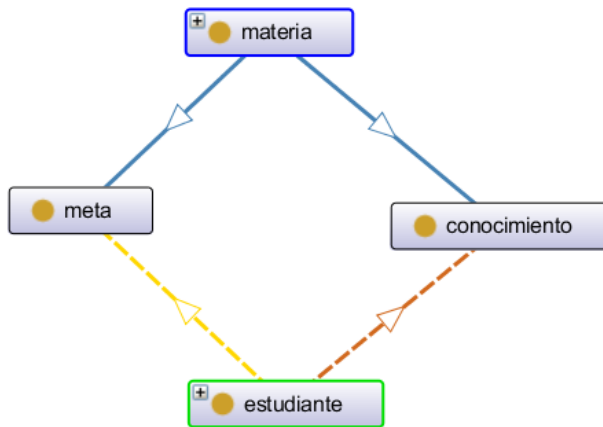


Figura 4.4: Representación de Modelo de Conocimiento

En la imagen 4.4 Representación del modelo de conocimiento se presenta el desarrollo de esta ontología. Es importante que esta ontología sirve de puente para unir la información del UM con el DM.

## 4.4. Información de dominio

Para el desarrollo del DM es necesario contar con la información de los cursos. A modo de evaluación, en esta sección se desarrollan dos de

los cursos del plan 410 de Ingeniería en Computación de la Escuela de Ingeniería en Computación a modo de ilustrar los pasos de desarrollo del conocimiento.

Las materias con las que se cuenta son Matemática Discreta MA-1403 y Bases de Datos I IC-4301. La primera es una materia de servicio dada por la Escuela de Matemática y la otra es una materia de carrera.

En las próximas secciones se definen los cursos para su análisis según la taxonomía de Bloom.

#### 4.4.1. Descripción de las materias

A continuación se detalla la información de los cursos.

Materia MA-1403

- Nombre del curso: Matemática Discreta
- Código del curso: MA-1403
- Tipo de curso: Teórico
- Responsable de la materia: Escuela de Matemática
- Número de créditos: 4
- Número de horas de clase por semana: 4
- Número de horas de extraclase por semana: 12
- Ubicación en el plan de estudios: Curso de primer semestre
- Requisitos: No hay.
- Correquisitos: No hay.
- Es requisito de: Cálculo (MA-1404), Fundamentos de matemática II (MA-1604), Algoritmos y estructuras de datos II (CE-1103)

- Asistencia: No obligatoria
- Suficiencia: Si
- Probabilidad de reconocimiento: Si
- Vigencia del programa: I-Semestre 2016
- Descripción: El curso es teórico y en él se introducen los conceptos básicos de las matemáticas formales con especial interés en las demostraciones matemáticas.

Ahora se aplica el análisis de la taxonomía de Bloom a los objetivos de la materia.

| Objetivo   | Bloom        |
|--|--------------|
| Conocer la simbología propia de toda teoría matemática                                     | Conocimiento |
| Fomentar la capacidad de análisis para realizar razonamientos deductivos                   | Análisis     |
| Adquirir los conceptos más importantes de la teoría de las relaciones binarias y funciones | Conocimiento |
| Adquirir el principio de la inducción matemática   | Conocimiento |
| Adquirir los conceptos básicos de las estructuras algebraicas                              | Conocimiento |
| Fomentar el desarrollo de esquemas mentales para realizar razonamientos                    | Síntesis     |
| Fomentar una actitud crítica y creativa  | Síntesis     |

Cuadro 4.2: Objetivos aplicados a la taxonomía de Bloom

- Nombre del curso: Bases de Datos I
- Código del curso: IC-4301
- Tipo de curso: Teórico-Práctico
- Responsable de la materia: Escuela de Computación
- Número de créditos: 4
- Número de horas de clase por semana: 4
- Número de horas de extraclase por semana: 8
- Ubicación en el plan de estudios: Curso de tercer semestre
- Requisitos: IC-2101 Programación orientada a Objetos.
- Correquisitos: No hay.
- Es requisito de: IC-4302 Bases de Datos II
- Asistencia: Obligatoria
- Suficiencia: No
- Probabilidad de reconocimiento: Si
- Vigencia del programa: II-Semestre 2013
- Descripción: El curso de base de datos pretende dar la capacidad a los estudiantes de analizar, diseñar e implementar sistemas que utilizan bases de datos, así como la comprensión de la funcionalidad y conceptos de los sistemas administradores de bases de datos.

Ahora se aplica el análisis de la taxonomía de Bloom a los objetivos de la materia.

| Objetivo  | Bloom        |
|---|--------------|
| Analizar aspectos básicos en el diseño y modelado de bases de datos para el desarrollo de sistemas de información y sistemas de administradores disponibles del mercado   | Análisis     |
| Identificar conceptos fundamentales de los sistemas administradores de bases de datos   | Conocimiento |
| Aplicar los procedimientos y notaciones requeridas para el mensaje de datos   | Aplicación   |
| Desarrollar diagramas de clases, bases de datos, semántico y entidad-relación con el fin de especificar el modelo lógico de una base de datos   | Aplicación   |
| Explicar la definición formal del modelo y cálculo relacionales, las versiones comerciales de los lenguajes de manipulación de datos y relación con el álgebra y cálculo relacional                                   | Comprensión  |
| Dominar el proceso de eliminación de redundancia (normalización) en el diseño de una base de datos y otras fuentes que deben ser provistas por los sistemas administrativos de bases de datos (SABD)                  | Aplicación   |
| Analizar las funcionalidades como control de la concurrencia, respaldo, restauración y recuperación de fallas, optimización de consultas, soporte para seguridad propias de un sistema administrador de base de datos | Análisis     |

Cuadro 4.3: Objetivos aplicados a la taxonomía de Bloom



## 4.5. Diseño de base de datos

Como parte del desarrollo del sistema es necesario tener un base de datos que maneje la información de los estudiantes y cursos para que esta sea almacenada y procesada por la ontología. Este sistemas de administración de información contará con las tablas de:

- Estudiantes. Nombre en db: student. Se almacena la información de los estudiantes.
- Planes. Nombre en db: curriculum. Se almacena la información de los planes de estudio.
- Materias. Nombre en db: course Se almacena la información de las materias.
- Especificación de materias. Nombre en db: courseEsp. Se almacena la información de las materias que tienen alguna relación como equivalencia, requisito o correquisito.
- Bloom. Nombre en db: bloom. Se almacena la información relacionada con los niveles de aprendizaje de alcanzados con la aprobación de la materia.
- Competencias. Nombre en db: competition. Se almacena la información relaciona con los competencias de alcanzadas en las materias.
- Objetos de aprendizaje. Nombre de db: object. Se almacena la información sobre las recomendaciones de los objetos de aprendizaje.

En la imagen 4.5 Base de datos de OBUM se presenta la gráfica se presenta las relaciones que existen entre las distintas tablas. También

se presenta dos vistas para facilitar el acceso a la información de otros sistemas. En la vista `student_info` es donde se encuentra la información personal del estudiante así como el test de Felder. En la vista `curriculum_info` se encuentra la información de los planes.

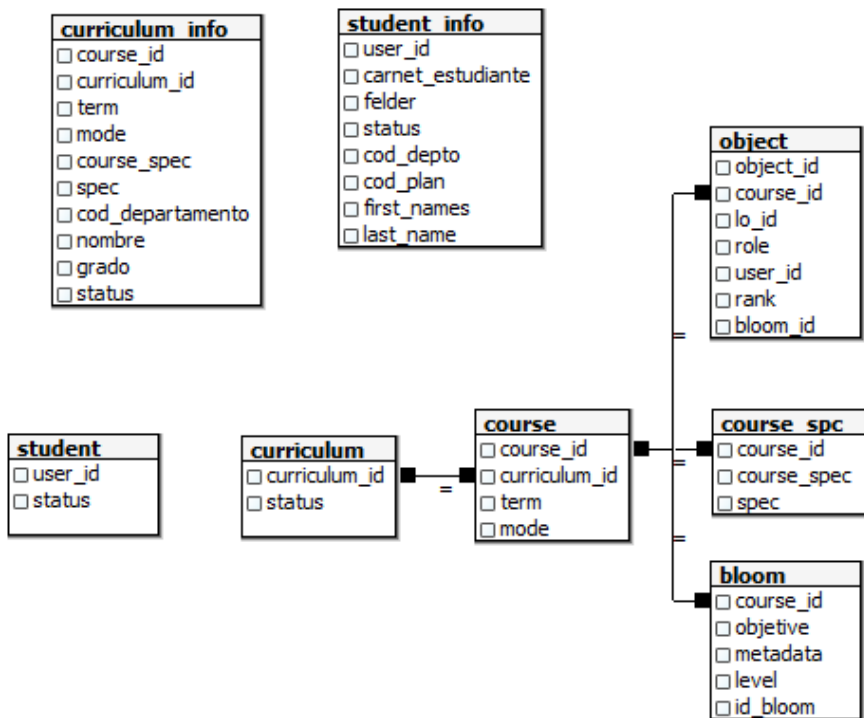


Figura 4.5: Base de datos de OBUM

## 4.6. Interfaz del sistema

La interfaz del sistema es la que permite hacer el manejo de la información. Existen cuatro secciones principales para manejo de la información y una para la creación de información. Estas secciones son:

- Estudiantes
- Planes
- Materias
- Objetos de aprendizaje
- Reportes

En la ilustración 4.6 Interfaz de administrador de OBUM se presenta la imagen del menú de OBUM. Cada una de las opciones del menú tiene un conjunto de opciones para el manejo de la información que corresponden los casos de uso de la sección anterior.

### 4.6.1. Desarrollo de la ontología en Protégé y Apache Jena

Como parte del desarrollo de esta investigación se desarrollo un prototipo de la ontología utilizando Protégé. La herramienta de Protégé brinda gran facilidad para el desarrollo de ontologías. Para el desarrollo de las consultas se utiliza el sistema Jena - Fuseki.

El diseño se compone de tres ontologías las cuales corresponden a UM, DM, KM. Una vez realizadas las ontologías se da una alimentación del modelo con los datos de la lista de estudiantes, resultados de notas y objetivos del curso Matemática básica del segundo semestre 2016.



Figura 4.6: Interfaz de administrador de OBUM

La alimentación del modelo para el UM y KM se realiza utilizando un funcionalidad ofrecida por Protégé que facilita este proceso mediante el uso de una hoja de cálculo y definición de reglas.

Concluida esta etapa se realizan algunas consultas al sistema y se hace un análisis de los resultados. A continuación se detalla cada uno de estos pasos.

## Diseño del prototipo del modelo de usuario

El diseño de la ontología del modelo de usuario se compone la clase persona y la subclase estudiante. Todas las propiedades de los datos de este modelo pertenecen a la subclase estudiante y estas son:

- carne. Identificador del estudiante en el sistema.
- nombre. Nombre del estudiante.

- procedencia. Provincia de procedencia del estudiante.
- ingreso. Año de ingreso del estudiante.
- escuela. Escuela a la que pertenece el estudiante.
- planes. Plan al que pertenece el estudiante.

Se registra un total de 10 grupos con un total de 396 estudiantes todos del campus central.

### **Diseño del prototipo del modelo de dominio**

Nuestro diseño de la ontología del modelo de dominio en este caso se basa únicamente en la materia de Matemática General MA0101. El diseño de este modelo incluye las clases plan, materia y objetivo. Las propiedades de los objetos son:

- pertenece. Esta propiedad se define como “la materia pertenece a un plan”.
- implica. Esta propiedad se define como “El objetivo pertenece a la materia”.

Las propiedades de los datos de este modelo son:

- codigoEscuela. Pertenece a la clase plan e identifica el código de la escuela.
- nombreEscuela. Pertenece a la clase plan e identifica el nombre de la escuela.
- numeroPlan. Pertenece a la clase plan e identifica el número del plan.

- nombrePlan. Pertenece a la clase plan e identifica el nombre del plan.
- codigoMateria. Pertenece a la clase materia e identifica el código de la materia.
- nombreMateria. Pertenece a la clase materia e identifica el nombre de la materia.
- descripcionObjetivo. Pertenece a la clase objetivo e identifica la descripción del objetivo.
- nivelObjetivo. Pertenece a la clase objetivo e identifica el nivel el objetivo.

Se registra únicamente la Escuela de Ingeniería en Computación con el código CA y el plan Ingeniería en computación con el número 410. El registro de la materia se realiza con siete objetivos todos de nivel conocimiento según la escala de Bloom. Estos objetivos son:

- Conocer la simbología propia de toda teoría matemática.
- Fomentar la capacidad de análisis para realizar razonamientos deductivos.
- Adquirir los conceptos más importantes de la teoría de las relaciones binarias y funciones.
- Adquirir el principio de la inducción matemática.
- Adquirir los conceptos básicos de las estructuras algebraicas.
- Fomentar el desarrollo de esquemas mentales para realizar razonamientos.
- Fomentar una actitud crítica y creativa.

## Diseño de conocimiento

Este modelo se realiza únicamente para realizar el registro de notas de los estudiantes. Esta ontología tiene solo la clase registro. Su diseño incluye las propiedades de los datos:

- estudiante. Número de carné del estudiante.
- materias. Código de la materia en la que esta registrado el estudiante (MA0101).
- nota. Calificación del estudiante en la materia.
- estado. Estado la materia para el estudiante según el resultado de las evaluaciones (aprobado o reprobado).
- RN. Cantidad de rn del estudiante en la materia.

Igual que el diseño del modelo de usuario, se cuenta con un total de 396 registros de notas.

## Consultas realizadas y resultados

Como parte de la investigación se realizaron varias consultas al modelo para verificar el manejo de la información. Entre las consultas que se encuentran se encuentra el nivel de dominio alcanzado por un estudiante.

Se toman los objetivos del plan junto con la nota del estudiante. Al no existir una evaluación de los objetivos de manera individual, se toma el nivel de conocimiento como la nota del curso. La consulta que se construyo fue la siguiente:

```
prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>  
prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>  
prefix KM: <http://www.semanticweb.org/tec/ontologies/
```

```

2017/2/prueba8#>
prefix UM: <http://www.semanticweb.org/tec/ontologies/
2017/3/prueba9#>
prefix DM: <http://www.semanticweb.org/tec/ontologies/
2017/3/prueba10#>
SELECT ?nombreMateria ?nota ?nivel ?objetivo
WHERE
{
  ?ideestudianteUM : carne?carne;
    UM:escuela ?escuela ;
    UM:procedencia ?procedencia ;
    UM:planes ?plan ;
    UM:ingreso ?ingreso .
  ?idregKM : estudiante?carne;
    KM:materias ?materia ;
    KM:estado ?estado ;
    KM:RN ?rn ;
    KM:nota ?nota .
  ?idmmateriaDM : codigoMateria?materia;
    DM:nombreMateria ?nombreMateria .
  ?idobjetivoDM : implica?idmateria;
    DM:descripcionObjetivo ?objetivo ;
    DM:nivelObjetivo ?nivel .
}
HAVING (?nota >= 95)

```

La respuesta a esta consulta se encuentra en la tabla 4.4 Resultado sobre el nivel de dominio de un estudiante en una materia. Por facilidad de presentación de los datos se omite el tipo de dato en la columna de nota. Esta respuesta revela que el conocimiento del estudiante es 95 en todos los objetivos.



Otra consulta que se construyó fue la agrupación de estudiantes por nivel de aprendizaje. Como no existe una diferenciación entre los objetivos se toma la materia como objetivo de agrupación. Esta es la consulta:

```

prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
prefix KM: <http://www.semanticweb.org/tec/ontologies/
2017/2/prueba8#>
prefix UM: <http://www.semanticweb.org/tec/ontologies/
2017/3/prueba9#>
prefix DM: <http://www.semanticweb.org/tec/ontologies/
2017/3/prueba10#>
SELECT ?nombreMateria ?nota
WHERE
{
    ?id_estudianteUM : carne?carne;
        UM:escuela ?escuela ;
        UM:procedencia ?procedencia ;
        UM:planes ?plan ;
        UM:ingreso ?ingreso .
    ?id_regKM : estudiante?carne;
        KM:materias ?materia ;
        KM:estado ?estado ;
        KM:RN ?rn ;
        KM:nota ?nota .
    ?id_materiaDM : codigoMateria?materia;
        DM:nombreMateria ?nombreMateria .
}
HAVING (?nota >= 90)
ORDER BY DESC(?nota)

```

En esta consulta la respuesta se encuentra en la tabla 4.5 Resultado sobre agrupaciones de estudiantes con un mismo nivel de dominio. Su

respuesta presenta una selección de los estudiantes con un nivel de dominio similar.

### **4.6.2. Resumen de desarrollo del modelo**

El uso de las ontologías no solo nos dan flexibilidad en el uso de los datos sino que también nos permiten realizar deducciones en el comportamiento.

El sistema de dominio del TEC se establecen como los programas de curso. Este sistema no es automatizado por tanto es necesario realizar una investigación sobre los conocimientos alcanzados por los estudiantes una vez que aprueben los cursos.

El modelo de usuario basado en ontologías esta basado en tres ontologías basadas en tres sobre los tres elementos necesarios para su desarrollo el modelo de usuario, el modelo de dominio y el modelo de conocimiento. Sus consultas se desarrollan utilizando SPARQL (acrónimo recursivo en inglés SPARQL Protocol and RDF Query Language). El tratamiento de los datos resultantes puede ser manejado utilizando el estándar IMS-LIP. El desarrollo de la ontología se realizará utilizando el sistema de Protégé.

Cuadro 4.4: Resultado sobre el nivel de dominio de un estudiante en una materia

|   | nombreMateria        | nota | nivel          | objetivo  |
|---|----------------------|------|----------------|---|
| 1 | “Matemática General” | 95   | “Conocimiento” | “Conocer la simbología propia de toda teoría matemática.”                                     |
| 2 | “Matemática General” | 95   | “Conocimiento” | “Fomentar la capacidad de análisis para realizar razonamientos deductivos.”                   |
| 3 | “Matemática General” | 95   | “Conocimiento” | “Adquirir los conceptos más importantes de la teoría de las relaciones binarias y funciones.” |
| 4 | “Matemática General” | 95   | “Conocimiento” | “Adquirir el principio de la inducción matemática.”   |
| 5 | “Matemática General” | 95   | “Conocimiento” | “Adquirir los conceptos básicos de las estructuras algebraicas.”                              |
| 6 | “Matemática General” | 95   | “Conocimiento” | “Fomentar el desarrollo de esquemas mentales para realizar razonamientos.”                    |
| 7 | “Matemática General” | 95   | “Conocimiento” | “Fomentar una actitud crítica y creativa”   |

Cuadro 4.5: Resultado sobre agrupaciones de estudiantes con un mismo nivel de dominio

|   | nombreMateria        | nota            |
|---|----------------------|-----------------|
| 1 | “Matemática General” | “95”8sd:decimal |
| 2 | “Matemática General” | “90”8sd:decimal |
| 3 | “Matemática General” | “90”8sd:decimal |
| 4 | “Matemática General” | “90”8sd:decimal |
| 5 | “Matemática General” | “90”8sd:decimal |
| 6 | “Matemática General” | “90”8sd:decimal |

---

## 5. Conclusiones y Trabajos Futuros

---

En esta sección se van a tratar algunos de los problemas y análisis encontrados durante el desarrollo de esta tesis.

Una de las principales barreras que se encuentra es que no existe un sistema automático que ayude a analizar e identificar los objetivos y su nivel en la escala de Bloom. Es necesario trabajar en la digitalización de esta información dentro de este programa a su vez que es necesario un juicio experto para establecer el nivel de conocimiento sobre el aprendizaje según los objetivos. Concluida esta etapa se tendrá un mapa completo del plan de estudios del estudiante con los objetivos asociados a las materias.

El registro de las competencias no se realiza a todos los estudiantes sino que se toma una muestra de los trabajos para realizar una evaluación. Esta evaluación permite verificar si se está cumpliendo la competencia y cuál es su nivel. Este análisis es requisito de los entes acreditadores. Con el fin de registrar el modelo de competencias a nivel de estudiantes es necesario que las competencias se apliquen a todos los estudiantes.

Es necesario que exista una asociación de las evaluaciones con los objetivos de aprendizaje. De esta manera que las evaluaciones responderán a que objetivos evaluados de manera general y no global. Esta asociación ayudará a verificar que se cumpla la evaluación de todos los objetivos y el nivel adquirido por los estudiantes.

Es viable utilizar la ontología para que sistemas externos, como el sistema de ARHOA, adquieran información sobre los objetivos evaluados y nivel de conocimiento para la recomendación de LOs. Es importante que exista una clara asociación de metadatos que ayuden a

identificar los LOs adecuados para los estudiantes. Algunas de las características que puede ser necesarias encontrar definidas dentro del LOs son:

- Metadatos sobre el tema.
- Nivel de aprendizaje.
- Objetivos del LO.
- Cantidad de información.
- Número de objetos de aprendizaje.
- Cantidad de texto.
- Forma en que se desarrolla el contenido.

A futuro es importante que los profesores cuenten con sistemas de autoría que les facilitará el desarrollar o actualización de los LOs basados en los temas del curso. Junto con la recomendación de los usuarios, se puede desarrollar sus objetos de aprendizaje para un determinado grupo de usuarios con una determinada preferencia. En el desarrollo de LOs son necesarios los temas y niveles de aprendizaje para guiar el aprendizaje del estudiante.

Las características de los LOs puede ser registradas dentro de las propiedades de la materia del DM para recomendar según las características del estudiante, el nivel de conocimiento y la presentación de la información. Cualquier cambio en las características del UM puede alterar las respuesta del sistema de recomendación de los LOs.

Un sistema como OBUM es necesario para que sistemas agregados como ARHOA puedan realizar la recomendación de objetos de aprendizaje basado en la información del tema, nivel de aprendizaje y metadatos. ARHOA realiza la cosecha de información sobre los

temas y con esta información realiza búsquedas de LOs en repositorios tanto locales como públicos. Este sistema tiene como ingreso el texto del diseño instruccional, nivel de aprendizaje que se requiere del cual se desea obtener los objetos de aprendizaje. El resultado de ARHOA permitirán ayudar al estudiante en el aprendizaje de los temas.

Existen también sistemas para recolección de datos como los sistemas de auditoría los cuales proveen preferencias de los estudiantes en cuanto a las horas de estudio, número de veces que se registra en la plataforma y preferencias de presentación de la información. Pero este tipo de análisis queda para estudios posteriores.

El desarrollo del modelo de dominio cuenta con el siguiente desarrollo de pasos para su análisis:

- Nivel de conocimiento adquirido según los objetivos de estudio.
- Conocimientos necesarios para registrarse en un curso.
- Materias a las que tenga acceso una vez que apruebe un determinado curso.
- Conocimiento adquirido o reforzado con el dominio del curso.

Se puede realizar un análisis determinar debilidades y fortalezas en los programas de curso de los distintos planes de carrera.

### **5.0.1. Validación de la hipótesis**

Nuestra pregunta de hipótesis es: ¿Es posible realizar un análisis y seguimiento del conocimiento y las competencias de los estudiantes según los objetivos y las competencias dentro del programa de estudios?

Según la investigación realizada si se cuenta con información suficiente para validar la pregunta de tesis. Con este fin es necesario

incentivar la creación de un modelo de usuario oficial en el TEC y aplicar el seguimiento de competencias a todos los estudiantes y no a una muestra como se hace actualmente.

### 5.0.2. Cumplimiento de los objetivos

Nuestro objetivo principal es: Desarrollar un modelo de usuario basado en ontologías que permita la ofrecer información para el seguimiento del conocimiento y competencias de los estudiantes.

Nuestra investigación presenta el diseño de OBUM. Esto se puede probar parcialmente debido a que no existe un seguimiento de los individualizado.

Nuestros objetivos secundarios son:

- Determinar la información necesaria para el desarrollo de un modelo de usuario que permita establecer relevancia en el análisis y las características de los estudiantes.

Se realiza el cumplimiento de este objetivo mediante la creación del diseño del modelo de usuario. Queda pendiente las agrupaciones de los estudiantes según los valores de la escala de Bloom.

- Establecer dentro del modelo de usuario las características de preferencias de aprendizaje según el test de Felder y las competencias de los estudiantes.

El cumplimiento de este objetivo también es éxito parcialmente dado que no se puede realizar un seguimiento de los competencias

- Desarrollar un modelo de dominio basado en las materias de los planes de estudio que incluya un análisis de los objetivos para el nivel de conocimientos y las competencias.

Se cumple el objetivo de forma total para el nivel de conocimiento pero no se cumple para las competencias.



- Manejar y representar el nivel de conocimiento del estudiante con el uso de los modelos de conocimiento.

Se logra alcanzar el objetivo según las consultas en el modelo desarrollado.

- Encontrar agrupaciones de estudiantes según un determinado nivel de conocimiento para establecer perfiles de trabajo.

Se alcanza el objetivo según pruebas realizadas.

## 5.1. Hallazgos de la investigación

Análisis de los cursos para conocer los nivel de conocimiento de los estudiantes en algún punto del plan de estudios.

Se encontró que no existe una relación entre los objetivos de las materias y las evaluaciones. Esto da una carencia de evaluar al estudiante en un determinado objetivo. Es necesario realizar la asociación de los objetivos con las evaluaciones de manera que se pueda evaluar al estudiantes con una nota del curso y con el dominio en el nivel de conocimiento.

La recolección y la evaluación sobre las competencias se hace con el objetivo de cumplir con los requisitos establecidos por entes acreditadores. Este proceso se realiza tomando una muestra de las evaluaciones y aplicando una rubrica para su evaluación. Al ser este proceso realizado sobre una muestra no permite que sea viable agregarlo al UM. Para corregir esta situación es necesario realizar la medición de las evaluaciones de las competencias a todos los estudiantes en todas las pistas que se tomen con este fin.

## 5.2. Conclusiones de la investigación

OBUM nos permite realizar un análisis sobre el nivel de conocimiento del estudiante en cualquier etapa del aprendizaje. Esto nos permite conocer las fortalezas y debilidades del estudiante que conocer el tipo de profesional que saldrá de nuestros campus.

Con esta información se pueden realizar agrupaciones de estudiantes según el nivel de aprendizaje para colocación en el mercado laboral.

Es necesario establecer un modelo de usuario oficial en el TEC, así como definir los encargados de analizar y calificar los objetivos de las materias.

Es importante establecer la calificación de todas las evaluaciones para el registro en el UM.

## 5.3. Trabajo futuro

Entre los trabajos futuros se encuentra diseñar evaluaciones que permitan analizar el nivel de conocimiento en objetivos puntuales, así como la recomendación de objetos de aprendizaje para los estudiantes.

Realizar una asociación entre las bases de datos de TEC Digital, el Departamento de Admisión y Registro para determinar todas las características pertinentes del estudiante para el desarrollo del MU.

---

# Bibliografía

---

- [1] Maha Al-Yahya, Remya George, and Auhood Alfaries. Ontologies in e-learning: review of the literature. *Int. J. Softw. Eng. Appl*, 9(2):67–84, 2015.
- [2] Auhood Alfaries, Maha Al-Yahya, Henda Chorfi, and Remya P George. Curonto: A semantic model of the curriculum for program assessment and improvement. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION*, 30(5):1083–1094, 2014.
- [3] Silvia Baldiris, Olga C Santos, Carmen Barrera, Jesus G Boticario, Jeimy Velez, and Ramón Fabregat. Integration of Educational Specifications and Standards to Support Adaptive Learning Scenarios in ADAPTAPlan. *IJCSA*, 5(1):88–107, 2008.
- [4] Benjamin S Bloom et al. Taxonomy of educational objectives. vol. 1: Cognitive domain. *New York: McKay*, pages 20–24, 1956.
- [5] Willem Nico Borst. *Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse*. PhD thesis, 1997.
- [6] Peter Brusilovsky. Adaptive hypermedia: the state of the art. *Proceedings of the East-West International Conference on Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality*, 1994.
- [7] Peter Brusilovsky. Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11:87–110, 2001.

- [8] Peter Brusilovsky and Eva Millán. User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems. In *The Adaptive Web, LNCS 4321*, pages 3–53. Springer-Verlag, 2007.
- [9] Peter Brusilovsky, Sergey Sosnovsky, and Michael Yudelson. Ontology-based framework for user model interoperability in distributed learning environments. *Proceedings of World Conference on E-Learning, E-Learn 2005*, 2005(1):2851–2855, 2005.
- [10] Mihaela Brut, Florence Sedes, Toader Jucan, Romulus Grigoras, and Vincent Charvillat. An ontology-based modeling approach for developing a competencies-oriented collective intelligence. *IFIP International Federation for Information Processing*, 281:219–222, 2008.
- [11] Federica Cena, Silvia Likavec, and Francesco Osborne. Propagating user interests in ontology-based user model. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, volume 6934 LNAI, pages 299–311, 2011.
- [12] Bert Chen, Chen-yu Lee, and I-chang Tsai. Ontology-Based E-Learning System for Personalized Learning. *International Conference on Education, Research and Innovation IPEDR vol.18*, 3(4):464–466, 2012.
- [13] Harry Chen, Tim Finin, and Anupam Joshi. Semantic web in a pervasive context-aware architecture. Technical report, DTIC Document, 2005.
- [14] Ronnie Cheung, Calvin Wan, and Calvin Cheng. An ontology-based framework for personalized adaptive learning. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in*

- Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics*), volume 6483 LNCS, pages 52–61, 2010.
- [15] Kai-Yi Chin and Yen-Lin Chen. A mobile learning support system for ubiquitous learning environments. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 73:14–21, 2013.
- [16] Konstantina Chrysafiadi and Maria Virvou. Advances in Personalized Web-Based Education. *Advances in Personalized Web-Based Education*, 78, 2015.
- [17] Birol Ciloglugil and Mustafa Murat Inceoglu. User modeling for adaptive e-learning systems. In *12th International Conference on Computational Science and Its Applications, ICCSA 2012, June 18, 2012 - June 21, 2012*, volume 7335 LNCS, pages 550–561. Springer, 2012.
- [18] Bishnu Prasad Das and J. A. Harding. Towards the Implementation of the Knowledge Based Decision Support System (KBDSS) Concept in a Frame-based Protégé Environment. *2nd SEAS DTC Technical Conference*, 2007.
- [19] Vladan Devedžić. *Semantic Web and Education*, volume 11. Springer US, 2006.
- [20] Darina Dicheva. Ontologies and semantic web for e-learning. In *Handbook on information technologies for education and training*, pages 47–65. Springer, 2008.
- [21] Victoria Eyharabide and Analía Amandi. Ontology-based user profile learning. *Applied Intelligence*, 36:857–869, 2012.
- [22] Andrei Fëdorov. ¿ cómo programar un curso?: guía para elaborar y autoevaluar el programa del curso. Technical report, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago (Costa Rica)., 2003.

- [23] Richard M. Felder and Linda K. Silverman. Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78:674 – 681, 1988.
- [24] Juan Feldman, Ariel Monteserin, and Analía Amandi. Automatic detection of learning styles: state of the art. *Artificial Intelligence Review*, page 30, may 2014.
- [25] Ray Ferguson. Protege Short Course - Protege vs. Databases, 2005.
- [26] Christoph Fröschl. *User Modeling and User Profiling in Adaptive E-learning Systems*. PhD thesis, Graz University of Technology, Graz, Austria, 2005.
- [27] Rosario Girardi and Carla Gomes de Faria. AN ONTOLOGY-BASED TECHNIQUE FOR THE SPECIFICATION OF DOMAIN AND USER MODELS IN MULTI-AGENT DOMAIN ENGINEERING. *CLEI ELECTRONIC JOURNAL*, 7(1):11, 2004.
- [28] Gabriela González. Ontología del perfil de usuario para personalización de sistemas de u-learning universitarios. *43ra Jornadas Argentinas de Informática- JAIIO 2014 - 17ma Concurso de Trabajos Estudiantiles, EST 2014*, pages 90–114, 2014.
- [29] Michael Gruninger and Jintae Lee. Ontology-applications and design. *Communications of the ACM*, 45(2):39–41, 2002.
- [30] Nicola Henze, Peter Dolog, and Wolfgang Nejdl. Reasoning and ontologies for personalized e-Learning in the Semantic Web. *Educational Technology and Society*, 7:82–97, 2004.
- [31] Ramón Hervás. A Context Model based on Ontological Languages : a Proposal for Information Visualization. *Computer*, 16(12):1539–1555, 2010.

- [32] IEEE P1484.2/D8. PAPI Learner. *Training*, pages 1–3, 2001.
- [33] IMS GLC. IMS Global Learning Consortium.
- [34] Addie Johnson and Niels Taatgen. User Modeling. In *Handbook of human factors in Web design*, chapter 25, pages 424–438. CRC Press, 2005.
- [35] Jasna Kuljis and Fang Liu. A Comparison of Learning Style Theories on the Suitability for elearning. In *Conference on Web Technologies, Applications, and Services*, pages 191–197, 2005.
- [36] Fotis Lazarinis. A service oriented Web application for learner knowledge representation, management and sharing conforming to IMS LIP. *Education and Information Technologies*, pages 1–18, 2012.
- [37] Dun-Long Le, An-Te Nguyen, and Axel Hunger. Building learner profile in Adaptive e-Learning Systems. *The 4th International Conference on e-Learning*, pages 294–304, 2009.
- [38] António Constantino Martins, Luíz Faria, Carlos Vaz de Carvalho, and Eurico Carrapatoso. User Modeling in Adaptive Hypermedia Educational Systems. *Educational Technology & Society*, 11(1):2008, 2008.
- [39] Eva Millán, Tomasz Loboda, and Jose Luis Pérez-De-La-Cruz. Bayesian networks for student model engineering. *Computers and Education*, 55(4):1663–1683, 2010.
- [40] T. Pakir Moitheen and P. Sheik Abdul Khader. Framework for Personalized Learning System Using Ontology. *Asian Journal of Information Technology*, 13(7):368–374, 2014.

- [41] Loc Nguyen and Phung Do. Learner model in adaptive learning. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 45(70):395–400, 2008.
- [42] Loc Nguyen and Phung Do. Combination of bayesian network and overlay model in user modeling. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 4(4):41–45, 2009.
- [43] Nora Parcus de Koch. *Software Engineering for Adaptive Hypermedia Systems*. PhD thesis, Verlag Uni-Druck, 2000.
- [44] Elaine Rich. User modeling via stereotypes\*. *Cognitive science*, 3(4):329–354, 1979.
- [45] Dr Nouredin Sadawi. Simple Protege Introduction.
- [46] Albert Sangrà Morer, Dimitrios Vlachopoulos, Nati Cabrera Lanzo, and Sílvia Bravo. *Hacia una definición inclusiva del e-learning*. Barcelona: eLearn Center. UOC., 2011.
- [47] Michal Šimún, Anton Andrejko, and Mária Bieliková. Ontology-Based Models for Personalized E-Learning Environment. *International Conference on Emerging e-learning Technologies and Applications*, pages 1–6, 2007.
- [48] Jacqueline Solís, Mario Chacón-Rivas, and Cesar Garita. Agente Híbrido Recomendador de Objetos de Aprendizaje. *LACLO*, 5(1), 2015.
- [49] Steffen Staab and Rudi Studer. Handbook on Ontologies. *Decision Support Systems*, page 654, aug 2007.
- [50] Standford University. protégé.



- [51] James L Stansfield et al. Wumpus advisor i. a first implementation of a program that tutors logical and probabilistic reasoning skills. ai memo 381. 1976.
- [52] Rudi Studer, V.Richard Benjamins, and Dieter Fensel. Knowledge engineering: Principles and methods. *Data & Knowledge Engineering*, 25(1-2):161–197, 1998.
- [53] Vija Vagale and Laila Niedrite. Learner Model’s Utilization in the e-Learning Environments. In *Tenth International Baltic Conference on Databases and Information Systems*, pages 162–164, 2012.
- [54] Version Final Specification. IMS Learner Information Package Summary of Changes. *Learning*, -(January):1–29, 2005.
- [55] Xiaohang Wang, Jin Song Dong, C Chin, Sanka Ravipriya Hettiarachchi, and Daqing Zhang. Semantic space: An infrastructure for smart spaces. *Computing*, 1(2):67–74, 2002.
- [56] Maryam Yarandi, Hossein Jahankhani, and Abdel-Rahman H Tawil. A personalized adaptive e-learning approach based on semantic web technology. *Webology*, 10(2):1–14, 2013.