

MARCO DE REFERENCIA PARA LA ELABORACIÓN DE MODELOS DE ESTUDIANTE EN SISTEMAS ADAPTATIVOS DE APRENDIZAJE



MIGUEL ANGEL MENDOZA MORENO

Tesis de Doctorado en Ciencias de la Electrónica

Directora:

Carolina González Serrano

PhD. en Ciencias de la Información y las Comunicaciones

Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Sistemas
Ingeniería de Software
Popayán, Junio de 2015

MIGUEL ANGEL MENDOZA MORENO

MARCO DE REFERENCIA PARA LA ELABORACIÓN DE
MODELOS DE ESTUDIANTE EN SISTEMAS
ADAPTATIVOS DE APRENDIZAJE

Tesis presentada a la Facultad de Ingeniería
Electrónica y Telecomunicaciones de la
Universidad del Cauca para la obtención del
Título de

Doctor en:
Ciencias de la Electrónica

Directora:
Carolina González Serrano
PhD. en Ciencias de la Información y las Comunicaciones

Popayán
2015



Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y
Telecomunicaciones

FORMATO I:

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Maestría

Doctorado

LOS JURADOS DEL TRABAJO TITULADO: Marco de Referencia para la Elaboración de Modelos de Estudiante en Sistemas Adaptativos de Aprendizaje.

HACEN CONSTAR:

Que siendo las 6:00 pm del día 11 del mes de Junio de 2015, realizó la sustentación el estudiante: Miguel Angel Mendoza Moreno, dirigido por: Carolina González Serrano PhD.

OBTENIENDO EL CONCEPTO:

APROBADO

NO APROBADO

Para constancia se firma en Popayán, a los 11 días del mes de Junio de 2015.

Jurado Coordinador

Jurado 2

Nombre: Manuel Cairo Rodriguez

Nombre: Jeimy Beatriz Vélez R.

Jurado 3

Jurado 4

Nombre: Elena Beatriz Durán

Nombre: Ramón Fabregat Gesa

*A Dios por la grandeza con que guía
e ilumina nuestras capacidades para
recorrer la vida, la ciencia y el conocimiento.
A quienes me han rodeado en todo momento
con cariño, apoyo y sinceridad.
A María Alejandra, hermana de este proyecto y
luz de mi vida, quien desde su nacimiento
ha sido motivo para sonreír en los
distintos momentos del doctorado.
A Diana, quien como esposa padeció su decisión de
apoyarme en este ciclo doctoral.
A mi madre, quien desde el mejor lugar
me ha acompañado en esta experiencia de vida.*

Agradecimientos

Especial agradecimiento a:

Carolina González Serrano, excelente directora, profesional y amiga, su guía y capacidad de abstracción fueron el punto de apoyo clave para saltar tan diversos obstáculos.

Wilson Sarmiento, Diego Bravo, Edwin Caldón y Néstor Peña, grandes personas y grandes profesionales, siempre estuvieron atentos a escuchar y colaborar.

Manuel Caeiro y el grupo de Ingeniería Telemática de la Universidad de Vigo, quienes me acogieron cálidamente y estuvieron atentos a contribuir en los avances de la investigación.

Raúl Ramírez Velarde y los compañeros de laboratorio en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey- México, siempre amigos, atentos y analíticos.

Francisco Pino, Julio Hurtado, Libardo Pantoja, Carlos Cobos, Pablo Magé y Diego López, buenos profesionales que saben del valor de su labor en pro de la Universidad del Cauca y las ciencias computacionales.

Juan Francisco Mendoza Moreno, excelente profesional, quien como hermano extendió su apoyo en los momentos neurálgicos.

A todos aquellos que se sumaron a este proyecto en las etapas de validación como expertos, usuarios o asesores, y aquellos que participaron en las disertaciones presentadas en tan variados espacios de socialización.

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, mi alma mater y espacio laboral. Colciencias, por mitigar parte de las inclemencias con que un doctorando debe salir a trabajar en el invierno propio de un proceso formativo de este nivel.

Resumen Estructurado

Antecedentes. Los sistemas de aprendizaje que pretenden ofrecer funciones adaptativas son guiados por el precepto de "ser diferentes para diversos estudiantes, a pesar de tratar similares objetivos" y esto sólo se puede lograr cuando se identifican individualmente por medio del modelo de estudiante. No es gratuito el reconocimiento de la adaptación como una de las mayores tendencias a mediano plazo para los temas de formación y tecnología. El área TEL (Aprendizaje potenciado por Tecnología, Technology-enhanced Learning) ha sido provista de múltiples aportaciones que tratan la conformación y uso de los modelos de estudiante para proveer funciones adaptativas (en su gran mayoría guiadas por la óptica tecnológica), lo que da cuenta de la extensión, diversidad y complejidad del proceso, siendo estas características multiplicadas por los tipos de sistemas de aprendizaje y sus funcionalidades. Esto pone en evidencia la disparidad tanto en el concepto como en la granularidad de los elementos del modelo de estudiante, a la vez que surgen distintas aportaciones técnicas para obtener su información. De esta manera se consideró necesario promover como iniciativa un marco de referencia, tendiente a brindar el reconocimiento al modelo de estudiante, por medio de la identificación de su contexto, elementos, técnicas y el proceso para conformarlo con mayor orden, uniformidad e integralidad.

Objetivos. El objetivo de esta tesis fue proporcionar un marco de referencia para guiar la elaboración de modelos de estudiante, que provea elementos que contribuyan a los niveles de adaptación pretendidos en los sistemas adaptativos de aprendizaje. Esto se cumplió por medio de: (1) la caracterización de los elementos, funciones y procesos con los que se conforman los modelos de estudiante, (2) la definición de un marco de referencia con el que se guía la elaboración de tales modelos de estudiante y (3) la evaluación del marco de referencia con casos específicos.

Métodos. A nivel procedimental, en el contexto amplio del proyecto, fue empleada la metodología de Ingeniería de Software, integrada por las Fases de: (1) Información, (2) Proposicional y Analítica, (3) Valoración y (4) Documentación y Divulgación. Esta misma metodología fue empleada para constituir el Modelo Integral de Estudiante (MIE). En niveles específicos se usó: (1) Metodología de investigación documental para identificar y caracterizar elementos, técnicas y procesos relacionados con el modelo de estudiante para el área de estudio, (2) Estudios para determinar tanto los niveles conceptuales de los elementos del modelado de estudiante, como para generar una taxonomía con la que se categorizaran, lo que desembocó en la formalización del Modelo Integral de Estudiante (MIE) como primer insumo del marco

de referencia, (3) Estudio para identificar y promover un proceso de modelado de estudiante correspondiente en amplitud e integralidad con la realidad del personal que realiza el diseño instruccional, (4) Estudio para identificar los tipos de sistemas de aprendizaje, funcionalidades al servicio de la adaptación, teorías de aprendizaje para el soporte didáctico y tipos de adaptación, (5) Evaluación estructurada por expertos para determinar la integralidad y refinar el MIE, (6) Estudio tendiente a hacer uso del MIE en un caso particular, generando una solución tecnológica por medio de la metodología eXtreme Programming (XP), (7) Estudio para estructurar y generar las guías de recomendación como elemento del marco de referencia, (8) Gestión de proyecto SCRUM para generar una aplicación con el objetivo de promover y emplear las Guías de Recomendación, brindando como resultado el modelo de estudiante específico para el diseñador instruccional, (9) Un estudio para validar las guías de recomendación y finalmente, (10) Proceso metodológico para construir una estructura tecnológica para representar y tratar el MIE en los sistemas de aprendizaje.

Resultados. La investigación permitió detectar para el área de estudio, carencias tanto en el proceso de modelado de estudiante como una abierta heterogeneidad conceptual existente entre los elementos considerados en el modelo. De esta manera el estudio condujo a la generación de productos para su tratamiento. Se destaca la generación de artefactos tendientes a soportar la labor integral que el equipo de diseño instruccional debe realizar a fin de obtener un modelo de estudiante adecuado a los requerimientos pedagógicos y tecnológicos para un sistema de aprendizaje con fines adaptativos. En un nivel específico se constituyó un marco de referencia para soportar el desarrollo de modelos de estudiante con los siguientes componentes: (1) proceso de modelado de estudiante, (2) modelo integral de estudiante (MIE), (3) conjunto de técnicas para abastecer los elementos del MIE y (4) conjunto de guías de recomendación. Las evaluaciones realizadas en distintos niveles (conceptual con expertos, uso por expertos y la implementación y uso por cuenta de una comunidad específica), aunadas con los detalles metodológicos de la investigación, dan cuenta del tratamiento positivo a la hipótesis relacionada con la funcionalidad, integralidad y completitud que tendría el marco de referencia para reducir la complejidad (y demás deficiencias observadas) en el proceso de desarrollo de modelos de estudiante para sistemas de aprendizaje adaptativos.

Conclusiones. El desarrollo expansivo que ha tenido el área TEL y particularmente el relacionado con los sistemas de aprendizaje con funcionalidad adaptativa, han vinculado un vasto número de perspectivas investigativas y con ello una innegable heterogeneidad de conceptos, diversidad de técnicas, funcionalidades y casos de aplicación, lo que conduce a nuevos desarrollos que bien pueden replicar fallos o desconocer aportaciones relevantes para su objetivo, dada la complejidad que genera lo previamente enunciado. En tal sentido, un marco de referencia es una estructura que metodológica, conceptual y técnicamente toma beneficio de la diversidad de fundamentos y recursos constituidos, a fin de subsanar carencias y aportar productos específicos para las necesidades del diseñador instruccional relacionadas con la obtención del modelo de estudiante. De otro lado, el proceso de

modelado de estudiante históricamente ha sido relacionado con el poblamiento de datos para los elementos del respectivo modelo, concepto que necesariamente ha sido redefinido por medio de este trabajo investigativo; dicho proceso necesariamente debe iniciar con la concepción misma de la caracterización del sistema de aprendizaje, las funcionalidades requeridas, la identificación de los sustentos pedagógicos y el diseño didáctico (materiales y métodos para mediar el proceso de aprendizaje), para que finalmente se dimensionen efectivamente los elementos constitutivos y la forma en que adecuadamente se caracterizarán. Futuras investigaciones pueden dar uso a los aportes de esta tesis promoviendo: la replicación de casos de validación en distintos contextos, generando la integración de modelos de estudiante multi- sistemas de aprendizaje y desarrollando esquemas alternativos de representación técnica de los modelos propuestos.

Palabras Clave: Adaptación, Diseño Instruccional, Modelo de Estudiante, Personalización, Plataforma de Aprendizaje, Sistema Adaptativo de Aprendizaje.

Structured Abstract

Background. Learning systems which seek to offer adaptive functions are guided by the precept of "being different for different students, despite dealing with similar objectives" and this only can be achieved only when the system identifies in better way everyone, using the student model. It is not gratuitous the recognition of the adaptation (personalization) as one of the greatest trends, in the medium term, for education and technology issues. The TEL (Technology- enhanced Learning) area is mined of multiple contributions that deal with the creation and use of student models to provide adaptive functions (A big majority guided by technological perspective), which aware of the extent, diversity and complexity of the process, being these characteristics multiplied by the types of learning systems and their functionalities. This highlights the disparity in both the concept and the granularity of elements about the student model, while contributions arise with different techniques to get their information. Thus, it was necessary to promote a reference framework as a started point aimed at recognizing the student model, through the identification of his/ her context, elements, techniques and process with the purpose of shaping with the highest order, consistency and comprehensiveness.

Aims. The aim of this thesis was to provide a reference framework to guide the development of student models, integrating elements to obtain the intended adaptation levels in adaptive learning systems. This was accomplished by: (1) the characterization of the elements, functions and processes which student models are formed, (2) the definition of a reference framework to guide the development of these student models and (3) the assessment of the reference framework with specific cases.

Methods. At procedural level with a broader context, the project was built on Software Engineering methodology, consisting of these phases: (1) Informational, (2) Propositional and Analytical, (3) Valuation and (4) Documentation and Disclosure. This methodology was used in order to build the Comprehensive Student Model (MIE in Spanish). In specific levels was used: (1) A documentary research methodology to identify and characterize elements, techniques and processes related to student model for the study area, (2) Studies to determine both the conceptual levels of the elements of student modeling processes and to generate a taxonomy in order to categorize, which led to the formalization of the Comprehensive Student Model (MIE in spanish) as the first input for the reference framework, (3) A study to identify and promote a student modeling process corresponding with amplitude and integrality with the reality of personnel involved with instructional design, (4) A study to identify the types of learning systems, adaptive functionalities, learning theories for

educational support and types of adaptation, (5) A structured assessment by experts to determine the completeness and also to refine the MIE, (6) A study to make use of MIE in a particular case, creating a technological solution through the eXtreme Programming (XP), (7) A study methodology to structure and generate recommendation guidelines as an element of the framework, (8) Management project SCRUM to generate an application which promotes and employs the recommendation guidelines to provide as a result a specific student model for instructional designers, (9) A study to validate the recommendation guidelines and finally, (10) Methodological process to represent and build a technological infrastructure to use the MIE in learning systems.

Findings. Bearing in mind the study area, the current research allowed to detect weaknesses in both the student modeling process as an open existing conceptual heterogeneity among the elements considered in the model. Thus the study led to the generation of products to be treated. It is necessary to highlight the generation of artifacts designed to support the comprehensive work that the instructional design team must perform in order to obtain an appropriate student model for the pedagogical and technological requirements for a system with adaptive learning purposes. In a specific level, a reference framework was established to support the development of student models with the following components: (1) A student modeling process, (2) A comprehensive student model (MIE), (3) A set of techniques to supply the elements of the MIE and (4) A set of recommendation guidelines. The assessments made at different levels (conceptual with experts, use by experts and the implementation and use by a specific community), coupled with the methodological details of the investigation, show the positive hypothesis treatment regarding the functionality, integrity and completeness that would have the reference framework to reduce complexity (and other deficiencies) in the process of developing student models for learning adaptive systems.

Conclusions. The expansive development that has taken the TEL area and particularly related to learning systems with adaptive functionality have linked a vast number of investigative perspectives and thus an undeniable heterogeneity of concepts, variety of techniques, features and applications, which leads to new developments which may replicate failures or ignore significant contributions to its target, given the complexity generated as was mentioned previously. In this sense, a reference framework is a structure that methodological, conceptual and technically takes advantage of the diversity of foundations and resources constituted, to fill gaps and provide specific products for instructional designer needs related to obtaining a student model. In addition, the student modeling process historically has been associated with the populating data for the elements of the model in correspondence. This concept has been redefined by this research work; this process must necessarily begin with the characterization of learning system, the required functionalities, identifying pedagogical sources and didactical design (materials and methods to mediate the learning process), and it finally, define the constituent elements and how properly those could be characterized. Future researches may use the contributions of this thesis promoting: Replication of validation cases in different contexts,

generating the integration of models cross student learning systems and developing alternative schemes to represent the proposed model.

Keywords. Adaptation, Adaptive Learning System, Instructional Design, Learning Platform, Student Model, Personalization.

Contenido

Lista de Figuras	v
Lista de Tablas	vii
Lista de Siglas	ix
1. Introducción	1
1.1 El problema y la motivación	1
1.2 Contexto de la investigación	5
1.2.1 Objetivos	5
1.2.2 Hipótesis	6
1.2.3 Alcances y limitaciones	10
1.2.4 Metodología	11
1.3 Implicaciones de la investigación	15
1.4 Relación de productos generados con la Investigación	17
2. Fundamentación conceptual e investigativa	19
2.1 Marco teórico	19
2.1.1 Desde los VLE a los Sistemas Adaptativos de Aprendizaje	20
2.1.2 Adaptación	27
2.1.3 Modelos de Estudiante	30
2.1.4 Diseño instruccional	35
2.2 Estado de arte	37
2.3 Conclusiones del estado de arte	40

3. Caracterización de elementos y proceso de modelado de estudiante	45
3.1 Caracterización de elementos del modelo de estudiante	46
3.1.1 Resumen del proceso de caracterización de elementos	46
3.2 Caracterización del proceso de modelado de estudiante	50
3.2.1 Modelado de estudiante	50
3.2.2 Contexto del modelado de estudiante	53
3.2.3 Métodos para el modelado de estudiante	55
3.2.4 Técnicas empleadas en el modelado de estudiante	57
3.2.5 Retos en el proceso de modelado de estudiante	60
3.2.6 Conclusiones	62
4. Marco de Referencia para Elaborar Modelos de Estudiante	65
4.1 Introducción	65
4.2 Alcance	66
4.3 Modelo Integral de Estudiante	69
4.3.1 Metodología	71
4.3.2 Contexto de aplicación	71
4.4 Propuesta de redefinición del modelado de estudiante	75
4.4.1 Motivación para redefinir el alcance del proceso de modelado de estudiante	75
4.4.2 Propuesta del proceso de modelado de estudiante	77
4.5 Guías de recomendación de modelos de estudiante	85
4.5.1 Introducción	85
4.5.2 Estructura del Proceso de Recomendación	85
4.5.3 Síntesis de uso del MIE en función de las guías de recomendación	89
4.5.4 Análisis de la sección	91
4.6 Conclusiones	93
5. Evaluación	95

5.1 Validación del MIE por juicio de expertos	95
5.1.1 Síntesis de la gestión para la validación empleando focus group	96
5.1.2 Análisis de la información y reporte de resultados	97
5.1.3 Análisis del Debate	98
5.1.4 Análisis del proceso de evaluación	100
5.2 Validación de las guías de recomendación	101
5.2.1 Implementación de un sistema para las guías de recomendación	101
5.2.2 Evaluación de las guías de recomendación	102
5.2.3 Resultados	103
5.2.4 Análisis de resultados	103
5.3 Validación del marco de referencia con un estudio de caso	105
5.3.1 Tratamiento metodológico al estudio de caso	106
5.3.2 Evaluación de la aplicación del sistema	107
5.4 Conclusiones	109
6. Resultados	111
7. Conclusiones y trabajos futuros	115
Referencias	121
Anexo A	129
Publicaciones	129
Anexo B	155
Iniciativas relacionadas con el proyecto (Estado de arte)	155
Anexo C	163
Proceso de caracterización de elementos	163
Anexo D	223
Diccionario para la taxonomía MIE	223
Anexo E	239
Guías de recomendación para elaborar modelos de estudiante	239

Anexo F	323
Evaluación del MIE por juicio de expertos	323
Anexo G	333
Características de la aplicación de guías de recomendación	333
Anexo H	345
Características de evaluación de las guías de recomendación	345
Anexo I	361
Características de la implementación tecnológica	361

Lista de Figuras

Figura 1.1. Abstracción del dominio conceptual del problema.	3
Figura 1.2. Productos integrantes de la propuesta y sus relaciones.	18
Figura 2.1. Campos de investigación conexos a la tesis.	20
Figura 2.2. Taxonomías de adaptación. (Fuente: [49] y [50]).	29
Figura 4.1. Taxonomía modelo integral de estudiante- MIE.	70
Figura 4.2. Proceso de generación del MIE.	71
Figura 4.3. Taxonomía de enfoques en VLE. Adaptación a la propuesta. [111].	72
Figura 4.4. Tipos de adaptación para el contexto de aplicación.	74
Figura 4.5. Proceso de modelado de estudiante propuesto.	78
Figura 4.6. Abstracción de las actividades vinculadas con el Proceso de Modelado propuesto.	86
Figura 4.7. Secuencia de uso de las Guías de Recomendación.	88
Figura 4.8. Síntesis de características esenciales de las guías de recomendación: (a) Funcionalidades Adaptativas para el sistema de aprendizaje, (b) Tipos de Adaptación, (c) Teorías de Aprendizaje. Cada característica se encuentra debidamente indizada.	89
Figura 4.9. Relación de Funcionalidades Adaptativas y Tipos de Aprendizaje con el Modelo MIE para las Guías de Recomendación del Marco de Referencia.	90
Figura 4.10. Relación de Teorías de Aprendizaje con el Modelo MIE para las Guías de Recomendación del Marco de Referencia.	91
Figura 5.1. Arquitectura del sistema implementado. Fuente [126].	107

Lista de Tablas

Tabla 1.1. Variables identificadas para la Hipótesis H1.	7
Tabla 1.2. Indicadores para las variables relacionadas con la Hipótesis H1.....	7
Tabla 1.3. Variables identificadas para la Hipótesis H2.	8
Tabla 1.4.Indicadores para las variables relacionadas con la Hipótesis H2.....	8
Tabla 1.5. Variables identificadas para la Hipótesis H3.	9
Tabla 1.6. Indicadores para las variables relacionadas con la Hipótesis H3.....	9
Tabla 2.1. Clasificación de plataformas de aprendizaje (VLE).	25
Tabla 3.1. Relación de métodos destacados para el modelado de estudiante.....	56
Tabla 3.2. Relación de técnicas destacadas para el modelado de estudiante.	60
Tabla 4.1. Reflexiones sobre el proceso de modelado de estudiante.	76
Tabla 5.1. Resumen de resultados de la encuesta aplicada.	103

Lista de Siglas

ACE	Adaptive Courseware Enviroments. Entornos Adaptativos de Material Formativo
ADDIE	Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation. Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación
AEHS	Adaptive Educational Hypermedia Systems. Sistemas Educativos, Adaptativos e Hipermediales
AEL	Adaptive e-Learning. Sistemas E-Learning Adaptativos
AIES	Adaptive and Intelligent Educational Systems. Sistemas Educativos Adaptativos e Inteligentes
AIWBES	Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. Sistemas Educativos Adaptativos e Inteligentes Basados en Web
ALE	Adaptive Learning Environment. Entorno de Aprendizaje Adaptativo
ALS	Adaptive Learning System. Sistema Adaptativo de Aprendizaje
ASE	Assessment Support Environment. Entorno de Soporte a la Evaluación
AWBEHS	Adaptive Web- Based Educational Hypermedia Systems. Sistemas Hipermedia Educativos Adaptativos basados en Web
AW-bES	Adaptive Web-based Educational Systems. Sistemas Educativos Adaptativos Basados en Web
CAI	Computer Aided Instruction. Instrucción Asistida por Computador
CBT	Computer- based Training. Formación basada en Computadores
CELTS	Chinese E-Learning Technology Standards. Estándares Chinos de Tecnología eLearning
CMS	Course Management System. Sistema Administrador de Cursos
CSCCL	Computer- supported Collaborative Learning. Aprendizaje Colaborativo Soportado en Computadores.
EPSS	Electronic Performance Support Systems. Sistemas de Soporte Electrónico al Desempeño
FOAF	Friend of A Friend. Amigo de un Amigo
ICAI	Intelligent Computer Aided Instruction. Instrucción Inteligente Asistida

	por Computador
ICAL	Intelligent Computer Aided Learning. Aprendizaje Asistido por Computador de manera Inteligente
ICT	Information and Communication Technology. Tecnología de la Información y la Comunicación
IEC	International Electrotechnical Commission. Comisión Internacional Electrotécnica
IoT	Internet of Things. Internet de las Cosas
ISO	<i>International</i> Organization for Standardization. Organización Internacional para la Estandarización
ITS	Intelligent Tutoring System. Sistema Tutorial Inteligente
LCMS	Learning Content Management System. Sistema de Gestión de Contenidos de Aprendizaje
LMS	Learning Management System. Sistema de Gestión de Aprendizaje
LSS	Learning Support System. Sistemas de Soporte al Aprendizaje
LTSA	Learning Technology Systems Architecture. Arquitectura de Sistemas de Tecnología de Aprendizaje
LTSC	Learning Technology Systems Committe. Comité de Sistemas de Tecnología de Aprendizaje
ME	Modelo de Estudiante
MIE	Modelo Integral de Estudiante
MLE	Managed Learning Environment. Entornos de Aprendizaje Gestionado
MOOC	Massive Open Online Courses. Cursos Online Abiertos y Masivos
PAPI	Public and Private Information. Información Pública y Privada
PLE	Personal Learning Environment. Entornos de Aprendizaje Personal
RDCEO	Reusable Definition of Competency or Educational Objective. Definición Reutilizable de Competencias u Objetivos Educativos
ROLE	Responsive Open Learning Environments. Sistemas de Aprendizaje Abiertos de Respuesta
SIOC	Semantically-Interlinked Online Communities. Comunidades en línea Semánticamente Interconectadas
TEL	Technology- enhanced Learning. Aprendizaje potenciado por Tecnología
UoL	Units of Learning. Unidades de Aprendizaje
VLE	Virtual Learning Environment. Entorno/Ambiente Virtual de Aprendizaje
WbES	Web-based Educational Systems. Sistemas Educativos Basados en Web
WBT	Web- based Training. Formación basada en entornos Web

Capítulo 1

1. Introducción

Este capítulo permite identificar las características del problema que ameritaron el curso de la investigación.

1.1 El problema y la motivación

Es indiscutible el papel preponderante de los entornos virtuales de aprendizaje (Virtual Learning Environments- VLE) en el marco de los procesos educativos, instruccionales, de entrenamiento o aquellos que conlleven a la generación de nuevo conocimiento o al desarrollo/ afianzamiento de destrezas específicas. Un VLE es un aliado estratégico para que el docente (guía, tutor o instructor) pueda complementar y extender su acción, llevándola desde el nivel grupal hasta espacios de atención particular a cada estudiante; así mismo brinda un alto grado de flexibilidad y disponibilidad tanto de recursos como de actividades mediadoras [1].

En la actualidad, diversos procesos a nivel de los sistemas educativos, de política pública y de gestión organizacional han hecho que los VLE sean reconocidos, de forma que la accesibilidad, asequibilidad y dominio de uso (sin ser temas completamente superados) [2], han dado el espacio para que científicamente los VLE se enriquezcan con dimensiones particulares (bases de datos, inteligencia artificial, estadística, telemetría, ingeniería de software, ingeniería de procesos, ingeniería del conocimiento, entre otras) con la aplicación de técnicas específicas y las implicaciones de terrenos tan naturales como la pedagogía y la psicología.

Históricamente los VLE han operado en distintos entornos a nivel de un computador, redes locales, Internet, la nube y con el advenimiento de la operación de internet de las cosas (Internet of Things- IoT), sobre cualquier dispositivo digital [3]. Así mismo, los VLE han crecido en las dimensiones propias de la didáctica educativa, de tal forma que no son ajenos a complementar teorías de aprendizaje y el diseño instruccional, con el objetivo de mejorar las condiciones educativas para el estudiante.

De esta manera, la innovación tecnológica ha brindado a los procesos educativos elementos adecuados para dinamizar las actividades del ciclo de generación del conocimiento, conjugando los preceptos pedagógicos con los modelos de representación y tratamiento de las actividades del estudiante. En correspondencia, una nueva era educativa surge, posibilitando cambios como: el modelo de multiplicación de la instrucción del docente tradicional, el espacio de acompañamiento al estudiante, la instrucción por estereotipos del grupo, el entorno de aprendizaje, el paradigma metodológico del proceso de aprendizaje, la flexibilidad para aplicar innovaciones didácticas y el asentamiento de teorías de aprendizaje clásicas. El cambio más destacado es sin duda alguna la posibilidad que el sistema de aprendizaje (VLE) y por ende el contexto, se adapten al estudiante en contraposición con el modelo de instrucción tradicional en el que el estudiante debe alcanzar las condiciones necesarias para estar al nivel que el sistema amerita; y es esto lo que hace imprescindible para los VLE promover los Sistemas Adaptativos de Aprendizaje (Adaptive Learning Systems- ALS) y ubicarlos como una de las principales tendencias de desarrollo en el año 2015 [4].

Un Sistema Adaptativo de Aprendizaje, denominado también Entorno de Aprendizaje Adaptativo (Adaptive Learning Environment- ALE) y en muchos casos relacionado sin distinción con los Entornos Personales de Aprendizaje (Personal Learning Environment- PLE), es una plataforma VLE que tiene por objetivo proveer al estudiante de actividades, materiales, instrucción y en fin, todo lo relacionado con la generación de conocimiento o afianzamiento de destrezas, de manera ajustada a su estado actual y condiciones particulares, independientemente que comparta objetivos comunes con otros estudiantes y sin desconocer la posibilidad de hacer parte en su proceso de trabajo colaborativo o el acompañamiento físico o virtual de su tutor y compañeros. Para un ALS es imprescindible "conocer al estudiante", es decir, debe

tener la capacidad de identificar y hacer propia la información que describa su estado y esto lo integra en el denominado Modelo de Estudiante (ME). De la integralidad, vigencia y confiabilidad de la información del ME dependerá el éxito de la función adaptativa, lo que conlleva al éxito en la puesta en escena de las capacidades del sistema. El ALS complementa su operación con cuatro módulos (modelos) adicionales: Dominio, Contexto, Instruccional y de Adaptación; todos ellos se abastecen del modelo de Estudiante y se orquestan para hacer que el sistema efectivamente sea centrado en este actor [5].

Ahora bien, respecto al proceso de adaptación, se tienen marcadas diferencias entre lo adaptable y lo adaptativo; mientras que el sistema adaptable articula todo su contexto y función a las características inicialmente detectadas (o establecidas) del estudiante, un sistema adaptativo ajusta su contexto y función a las características dinámicas del estudiante, lo que conduce a establecer dos tiempos fundamentales para poblar al modelo de estudiante: el tiempo de inicialización y el de actualización, entre tanto la función adaptativa deberá ser permanente en el sistema [6-7].

El discurso sobre las implicaciones de la adaptación para un sistema de aprendizaje transcurre sobre los terrenos de la libertad y extensión del concepto del "estudiante como actor principal", lo que destaca los modelos de estudiante abiertos o cerrados, dependiendo de las posibilidades brindadas al mismo estudiante para conocer, escrutar e incluso alterar la información caracterizada por el sistema, ya que prepondera el supuesto de "quién mejor que el estudiante para aportar información sobre él mismo".

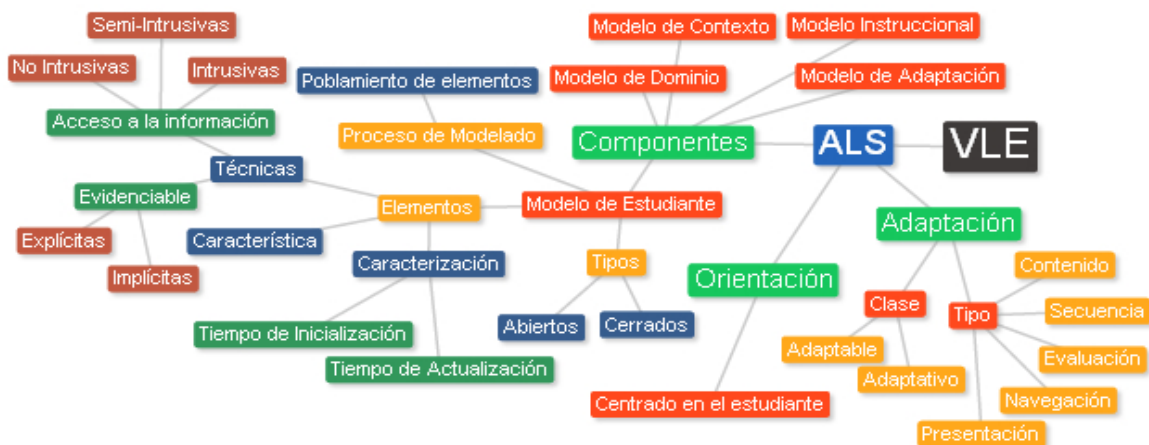


Figura 1.1. Abstracción del dominio conceptual del problema.

Identificando el dominio del área (Figura 1.1) con lo descrito previamente, se pudo establecer por medio de la investigación documental en distintas fuentes como: fundamentos teóricos y analíticos, sistemas implementados, ontologías y estándares, lo siguiente:

- La diversidad de elementos que constituyen el modelo de estudiante y no siempre considerados en cada fuente inspeccionada
- La heterogeneidad de los elementos del modelo de estudiante, vista a nivel de denominación y significado de cada concepto
- La diferencia en la granularidad para caracterizar cada elemento del modelo de estudiante
- La definición del proceso de modelado se ha ligado exclusivamente al proceso de poblamiento de elementos para el modelo de estudiante
- Existe una marcada predilección por la implementación de sistemas ALS en entornos web, lo que necesariamente restringe los tipos de adaptación alcanzables
- La adaptación junto a la personalización, en ciertas oportunidades se supedita al ajuste de características del entorno del sistema con las preferencias particulares del estudiante, como es el caso de la apariencia en las interfaces, situación que restringe los verdaderos alcances de la función adaptativa
- La diversidad de métodos y técnicas para caracterizar cada elemento
- Los estándares aplicables, a la fecha resultan rezagados con respecto al grado de desarrollo del área
- No se dispone de un proceso formal o guías que enmarquen al desarrollo del modelo de estudiante y en la mayoría de casos, no se documentan las actividades para tal fin, lo que lleva a suponer la flagrante informalidad en la definición de modelos de estudiante

El campo de estudio da cuenta de la existencia de distintas propuestas, representaciones, estándares, sistemas e implementaciones tecnológicas en general en las que se constata una amplia diversidad de elementos y procesos conexos a su respectivo modelado de estudiante. Por otra parte, en la actualidad se registra un incremento en la demanda de sistemas adaptativos para el aprendizaje en diferentes dominios. A pesar de que los estudiantes interactúan con una gran cantidad de estos

sistemas, no es posible adquirir mayor conocimiento del usuario y emplearlo para alcanzar mayores niveles de adaptación, dado que cada sistema gestiona de forma individual cada modelo y lo desarrolla como un componente específico, sin posibilidad de compartir información con otros sistemas VLE.

Por lo anteriormente citado, los modelos de estudiante se dotan de una alta complejidad tanto en su abstracción, representación, diseño, ejecución y mantenimiento, de forma que múltiples aportaciones no hacen parte del terreno formal y por tanto se desconocen para su aplicación. Tal complejidad hace que nuevos desarrollos se priven (ya sea por desconocimiento o simplicidad) de elaborar un modelo de estudiante completo, lo que conduce a que ciertos niveles de caracterización del estudiante no sean tenidos en cuenta, afectando el grado de eficiencia del proceso adaptativo y por ende asumiendo el costo relacionado con la eficacia del ALS.

1.2 Contexto de la investigación

A continuación se presentan las especificaciones formales que guiaron el trabajo investigativo.

1.2.1 Objetivos

1.2.1.1 Objetivo General

Proporcionar un marco de referencia para guiar la elaboración de modelos de estudiante que provea elementos que contribuyan a los niveles de adaptación pretendidos en los sistemas adaptativos de aprendizaje.

1.2.1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos se plantearon los siguientes:

- Caracterizar los elementos y procesos considerados para la elaboración de los modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje.
- Definir un marco de referencia que sirva como guía en la elaboración de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje.
- Evaluar el marco de referencia definido, mediante el juicio de expertos y la aplicación a un estudio de caso.

1.2.2 Hipótesis

Mediante la definición de un marco de referencia para el desarrollo de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje, es posible representar con mayor completitud los elementos, procesos y técnicas de cada modelo, reduciendo la complejidad inherente a la representación y diagnóstico del estudiante y disminuyendo el esfuerzo dedicado a los procesos de abstracción, diseño, desarrollo y validación de los modelos de estudiante, toda vez que el marco aporta características destacadas que disminuirán al personal de desarrollo, la curva de aprendizaje y reconocimiento de los elementos a modelar.

1.2.2.1 Hipótesis específica H1

Mediante la definición de un marco de referencia para el desarrollo de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje, es posible representar con mayor completitud sus elementos e identificar las técnicas más adecuadas.

- Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Elementos del modelo de estudiante	Los elementos corresponden a cada una de las variables en las que se deposita información particular de cada estudiante. Su conjunto pretende	Unidades de información definidas en su mayoría por métodos subjetivos de los desarrolladores del modelo, en menor medida se definen en correspondencia con especificaciones formales.

	describir integralmente a cada estudiante en correspondencia con los objetivos y perspectivas de cada sistema.	La información de cada elemento es obtenida y depurada por medio de las técnicas de caracterización.
Técnicas para caracterizar los elementos del modelo de estudiante	Procedimientos y herramientas empleadas para captar información esencial referente cada estudiante.	Procesos validados por su uso repetitivo y acertado para cumplir con el adecuado levantamiento de la información del estudiante. Se encuentran relacionados en diversos estudios o conceptos de expertos.

Tabla 1.1. Variables identificadas para la Hipótesis H1.

- Indicadores

Indicador	Contexto del Indicador
Complejidad de los elementos en el modelo de estudiante	La complejidad es una valoración subjetiva del diseñador instruccional (debido a que no hay una norma referente que defina la totalidad de elementos para cada tipificación del sistema), con la que determina el grado de integración (cantidad y pertinencia) necesaria de elementos a su modelo de estudiante. En tal sentido el tratamiento de este indicador está guiado a proveer un mayor formalismo para establecer los elementos del modelo y así incrementar la percepción de complejidad
Identificación de técnicas adecuadas	Un proceso informal de selección de técnicas inherentemente lleva la incertidumbre respecto a su elección. Así el tratamiento de este indicador corre por cuenta de brindar al diseñador formalmente un conjunto de técnicas debidamente contextualizadas para su caso de aplicación, cuya efectividad ha sido comprobada en estudios complementarios

Tabla 1.2. Indicadores para las variables relacionadas con la Hipótesis H1.

1.2.2.2 Hipótesis específica H2

Un marco de referencia para el desarrollo de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje contribuye a reducir la complejidad inherente a la representación y diagnóstico del estudiante.

- Variable

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Complejidad de la representación y diagnóstico del estudiante	Se fundamenta en la diversidad de elementos que se definen usualmente en el modelo de estudiante y que no corresponden a alguna clasificación particular. Los métodos y técnicas son vitales para obtener la información de cada elemento	La complejidad se define a partir de un estudio que correlaciona elementos con conceptos similares y establece diferencias tanto en su significado como en su nivel de granularidad. El diagnóstico del estudiante se realiza aplicando métodos y técnicas para obtener la información de cada elemento

Tabla 1.3. Variables identificadas para la Hipótesis H2.

- Indicadores

Indicador	Contexto del Indicador
Correlación de elementos entre distintos estudios y definiciones	Determina la diferencia a nivel conceptual, semántico y de granularidad de elementos
Nivel de efectividad de los métodos y técnicas para diagnosticar un elemento	La identificación de casos de aplicación y validación de métodos y técnicas en estudios previos permitirán establecer este indicador

Tabla 1.4. Indicadores para las variables relacionadas con la Hipótesis H2.

1.2.2.3 Hipótesis específica H3

Un marco de referencia reduce el esfuerzo y facilita el desarrollo de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje.

- Variable

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Esfuerzo en el desarrollo de modelos de estudiante	Corresponde al proceso seguido por el diseñador instruccional para identificar, estructurar y definir el conjunto de elementos que conformarán el modelo de estudiante, descrito en términos de dificultad y tiempo	Identificación de soportes que den cuenta de la manera en que era definido el modelo de estudiante

Tabla 1.5. Variables identificadas para la Hipótesis H3.

- Indicadores

Indicador	Contexto del Indicador
Soportes del proceso de modelado	Identificación del proceso seguido por el personal del diseño del modelo de estudiante
Facilidad de desarrollo del modelo de estudiante	Percepción del grado de dificultad para ejecutar el proceso de desarrollo del modelo de estudiante

Tabla 1.6. Indicadores para las variables relacionadas con la Hipótesis H3.

1.2.2.4 Análisis de las Hipótesis

El conjunto de hipótesis dan cuenta de la intención por desarrollar un marco de referencia para tratar dificultades detectadas como la completitud de elementos,

procesos y técnicas, la complejidad en la representación y diagnóstico del estudiante, y el esfuerzo presentado en el proceso de desarrollo de los modelos de estudiante. Por lo anterior, se observa que las hipótesis H1 y H2 tienen una alta correspondencia con los objetivos específicos 1 y 2, mientras que H3 muestran su relación con el objetivo específico 3. Los productos que contribuirán a definir la validez de tales hipótesis son: (1) Documentos técnicos en los que se identifiquen los elementos, técnicas y procesos empleados en la elaboración de los modelos de estudiante, resultantes del objetivo específico 1; (2) Documento descriptor de la estructura del marco de referencia pretendido, resultantes del objetivo específico 2; (3) Documento del proceso de ingeniería cumplido al realizar el proceso de adaptación de un modelo de estudiante generado para un sistema adaptativo de aprendizaje, resultantes del objetivo específico 2 y (4) un conjunto de procesos empleados como eje de evaluación de la completitud y eficiencia pretendida se corresponden con lo estimado en el objetivo específico 3.

1.2.3 Alcances y limitaciones

El acotamiento para los alcances de la investigación fue dado en los siguientes términos:

- Área de estudio: Sistemas Adaptativos de Aprendizaje y en particular los Modelos de Estudiante
- Fuentes de análisis: fundamentación teórica y analítica del área, sistemas o aplicaciones implementados dentro del área, estándares base para el modelado de estudiante, definiciones ontológicas para el modelado de estudiante
- Uso de métodos para la validación de productos, a saber: a nivel conceptual, el juicio de expertos y a nivel de artefactos, la aplicación para grupos de usuarios
- Dominio de la investigación para el área de estudio, delineado por los alcances descritos en el apartado 1.1 (Figura 1.1)
- Tomando en consideración la conformación de un marco de referencia y ante la ausencia de formalismo o buenas prácticas en cuanto al proceso de modelado, se posibilitó promover una propuesta para tal fin

La investigación fue limitada por los siguientes criterios:

- El estudio basado en la caracterización de elementos, procesos, métodos y técnicas debería referirse al contexto de las fuentes de análisis especificadas, de manera que elementos, métodos o técnicas sin soporte deberían ser omitidos
- Sale del alcance del proyecto la creación de métodos o técnicas para caracterizar elementos, debido a que esto requeriría un proceso de validación y fiabilidad a nivel de instrumentos, lo que desviaría ampliamente el estudio
- No se determinó crear algún sistema de aprendizaje, pues el nivel de validación sobre los productos recaía en la verificación de la consistencia del marco de referencia sobre soluciones ya establecidas

1.2.4 Metodología

El proceso investigativo transcurrió en varias etapas, cada una de ellas con un tratamiento metodológico particular.

1.2.4.1 Generación del Modelo Integral de Estudiante

Fue seguida la metodología de Ingeniería de Software definida por Finkelstein [8] con las siguientes fases:

- **Fase de Información.** Consistente en la conformación tanto del estado de la cuestión del proyecto como de la conceptualización, para lo cual se cumplió un proceso de definición, clasificación y análisis de fuentes de información por medio la metodología de Investigación documental [9], verificando artículos científicos, libros y demás fuentes que demostraran registros de avances y fundamentos vigentes sobre las siguientes temáticas: Sistemas Adaptativos de Aprendizaje, procesos de modelado de estudiante, modelos de estudiante, técnicas para poblar datos de los elementos del modelo de estudiante, teorías de aprendizaje, adaptación y estándares aplicables.

El producto de esta fase fue el marco teórico y estado de arte para el proyecto (Ver Capítulo 2).

- **Fase Proposicional y Analítica.** Esta fase permitió analizar la información conformada a partir de la fase anterior, de manera que se especifican los criterios monográficos que dan sustento al tema de investigación y se registran como punto de partida para caracterizar los elementos constituyentes de los Modelos de Estudiante. La caracterización de elementos de los modelos de estudiante requirió identificar los sistemas, teorías, modelos, estándares y aplicaciones tecnológicas, para lo cual fueron necesarios procesos de clasificación, mapeo y definición de categorías.

Como productos en esta etapa se obtuvo: la taxonomía del Modelo Integral de Estudiante (MIE) propuesto (Sección 4.3).

- **Fase de Valoración.** Consiste en la ejecución de métodos que validaron la integridad y correspondencia con las características pretendidas del MIE desarrollado. El juicio de expertos fue pieza fundamental para determinar la consistencia de los resultados hallados y la propuesta de solución, empleando para tal fin metodologías de trabajo grupal como focus group, junto a entrevistas y la aplicación de cuestionarios específicos.

Como resultado de esta fase se obtuvo el refinamiento de la propuesta del MIE (Ver Sección 5.1).

- **Fase de Documentación y Divulgación.** Esta fase se trató por medio de la generación de los productos derivados del proceso investigativo y la presentación de resultados en los espacios de socialización propios del Doctorado.

Como resultado de esta fase se produjo: (1) artículo denominado "Modelos de Usuario y Sistemas Adaptativos de Aprendizaje", a nivel de ponencia en el 1 Congreso Internacional de Investigación en Ingeniería de Sistemas CIIS 2014, (2) artículo denominado "Focus Group como proceso en Ingeniería de Software: una Experiencia desde la Práctica" a nivel de publicación en Journal, (3) dos reportes técnicos de avances de investigación (Ver Anexo A: Publicaciones).

1.2.4.2 Propuesta del proceso de modelado de estudiante

Una vez constituido el estado de arte para el proyecto, fue posible establecer que no existía ni claridad ni formalidad respecto al proceso de modelado de estudiante; dado

que esto es fundamental para las pretensiones del proyecto, fue necesario generar una propuesta en tal sentido. Al respecto se desarrollaron las siguientes actividades:

- Identificación del área a la que se vincula el proceso de modelado de estudiante: Diseño instruccional
- Identificación de las implicaciones del diseño instruccional
- Identificación del proceso de diseño instruccional para cursos en ambientes VLE
- Generación de la propuesta del proceso de modelado de estudiante
- Ajuste de la propuesta a nivel del grupo de investigación

Como resultado de esta etapa se tiene el proceso de Modelado de Estudiante, descrito en la sección 4.4.

1.2.4.3 Generación de guías de recomendación

Las Guías de Recomendación son un elemento vital dentro de la estructura del marco de referencia, ya que ponen de manifiesto la aplicación del proceso propuesto para el modelado de estudiante, empleando los componentes específicos, para generar al término el modelo recomendado. Procedimentalmente se emplearon las siguientes actividades:

- Identificación de las temáticas relacionadas con el proceso de modelado propuesto, a saber: Sistemas de Aprendizaje, Funcionalidades del sistema para suplir procesos adaptativos, Teorías de Aprendizaje y Tipos de Adaptación
- Investigación documental para caracterizar cada uno de los componentes para las guías de recomendación
- Definición de la secuencia de uso de las guías de recomendación
- Diseño e implementación de las plantillas de representación

El producto de esta etapa es el documento descriptor de las Guías de Recomendación (Ver Sección 4.5).

1.2.4.4 Implementación de sistema para las guías de recomendación

Derivado de la etapa anterior, se procede a cumplir con un proceso de ingeniería de software, tendiente a obtener un sistema capaz de representar las guías de recomendación y facilitar tanto su análisis como la generación de resultados para que los diseñadores instruccionales puedan abastecer y afianzar sus decisiones respecto al modelo de estudiante requerido.

Para tal fin fue empleada la metodología SCRUM [10], que es un framework para generar desarrollos rápidos, tratando de manera adaptativa problemas complejos por medio del trabajo colaborativo basado en el concepto de "equipos altamente productivos". El eje central de SCRUM son las iteraciones, que incluyen:

- Planificación- Sprint planning (Selección de requisitos y Tareas para la iteración).
- Ejecución de la iteración- Sprint.
- Inspección y adaptación (Demostración- Sprint review y retrospectiva Sprint retrospective).

El resultado de esta etapa fue la Aplicación (Sistema) de las Guías de Recomendación de modelos de estudiante (Ver Sección 5.2).

1.2.4.5 Validación del sistema de guías de recomendación

Esta etapa fue cubierta por la puesta en funcionamiento del sistema de guías de recomendación para elaborar los modelos de estudiante para sistemas de aprendizaje con características adaptativas. Las siguientes actividades formaron parte del proceso:

- Identificación de población
- Selección de muestra poblacional
- Diseño de instrumentos para la guía y valoración
- Recolección y análisis de resultados

El producto de esta etapa fue la validación del sistema de guías de recomendación (Ver Sección 5.2).

1.2.4.6 Implementación para validar el MIE

En esta etapa se pretendió poner a prueba tanto el MIE como las guías de recomendación. Para tal fin se desarrolló una solución tecnológica guiada por la metodología eXtreme Programming (XP) [11], que integra seis fases:

- Exploración
- Planificación de la Entrega
- Iteraciones
- Producción
- Mantenimiento
- Muerte del Proyecto

El producto obtenido de esta etapa está compuesta tanto por la solución tecnológica, como por los resultados de su aplicación a dos grupos de usuarios (Ver Sección 5.3). Adicionalmente se produjo: 1) artículo denominado "Personalización en LMS a partir de un Modelo Integral de Estudiante: un Caso de Implementación Tecnológica", a nivel de ponencia en el VI International Conference of Adaptive and Accessible Virtual Learning Environment CAVA 2014, 2) artículo denominado "Diagnóstico de Estilos de Aprendizaje para Favorecer la Personalización de Materiales Educativos mediante Redes Bayesianas: Servicios Web para Moodle™" a nivel de publicación en Journal (actualmente depositado para el proceso de juzgamiento), 3) un proyecto de investigación a nivel de pregrado (Ver Anexo A: Publicaciones).

1.3 Implicaciones de la investigación

El desarrollo del presente trabajo monográfico pone a disposición aportes e implicaciones como:

- La función adaptativa no es exclusiva de los sistemas ALS propiamente dichos, sino que la diversidad tecnológica en la actualidad hace viable que diferentes plataformas de aprendizaje puedan eventualmente promover funciones adaptativas siempre que se consideren aspectos conceptuales como los destacados en el proceso de modelado de estudiante y en las guías de recomendación, derivados de esta

investigación. Respecto a las consideraciones tecnológicas, es evidente que un sistema de aprendizaje no adaptativo deberá transcurrir por un proceso de ajustes en su estructura y operación para asumir dicha función. En el presente trabajo ha sido demostrado este proceso, tomando una de las plataformas LMS más destacadas y ajustándola con piezas tecnológicas para que pudiese brindar tipos específicos de adaptación a los estudiantes

- Respecto al punto anterior, bien podría refutarse definiendo que el caso de implementación citado fue exitoso, pero no es suficiente para producir la generalización. No obstante, el autor reafirma que los aportes generados con el marco de referencia brindan un adecuado soporte conceptual para que otros sistemas de aprendizaje no adaptativos enmarquen su ruta adaptativa; de esta manera se pretende estimular proyectos investigativos futuros que den cuenta de la implementación tecnológica para sistemas no adaptativos
- A partir de la presente investigación se ha podido constatar que en el área TEL y particularmente en los ALS son diversas y numerosas las investigaciones y aportes, pero la mayoría de ellas encaminadas hacia el aspecto tecnológico con la validación de técnicas provenientes de diversas vertientes, por ejemplo. En tales áreas son menos frecuentes las investigaciones centradas en los aspectos de la pedagogía, didáctica y psicología, lo cual resulta extraño ya que evidentemente el eje fundamental de un sistema de aprendizaje está compuesto por el proceso de generación de conocimiento/ habilidades, el diseño instruccional y más aún la identidad individual del estudiante. Esta investigación abordó tales líneas y les reconoció la relevancia que ameritan, de manera que los productos propuestos fuesen más allá de las implicaciones tecnológicas. Los expertos de la psicología y pedagogía tienen un gran bagaje en el diseño instruccional de cursos presenciales, sea esta la oportunidad para incentivar la integración de ese conocimiento en el diseño instruccional virtual con nuevas investigaciones
- El marco de referencia para guiar la elaboración de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje se considera como una abstracción libre de dependencias tecnológicas y se ha generado desde una óptica holística, ya que ha recopilado los diferentes planteamientos y definiciones, y los ha integrado bajo el concepto de modelo integral. Para el autor es claro que en la actualidad resulta impráctico promover la implementación en un solo sistema de aprendizaje de la totalidad del modelo integral de estudiante, y si a esto se le suma la multiplicidad de técnicas, el nivel de complejidad lo lleva al terreno de los problemas intratables. Ahora bien, en el área se

destacan algunas propuestas de generación de modelos de estudiante externos e independientes del sistema de aprendizaje, también modelos de estudiante federados. Si se integran estas prestaciones con el concepto del Lifelong Learning [12-13] y los avances en interoperabilidad como TinCan¹, no resulta desproporcionado trabajar en modelos de estudiante de largo término que caractericen al estudiante no sólo para un instante "escolarizado" sino para toda su vida

- Abordando la complejidad propia del proceso de modelado, se alcanza una definición paradójica, ya que implementar un modelo de estudiante extenso hace al sistema complejo en sus funciones, pero de otro lado, mientras mayor sea la caracterización que se tenga del estudiante, mejor podrá ser el comportamiento adaptativo. De esta manera es un interesante reto generar el balance adecuado
- El marco de referencia no puede ser considerado como un producto cerrado, en el sentido que su fundamento debe ser la flexibilidad. Así los productos desarrollados se corresponden con tal flexibilidad permitiendo posibles actualizaciones por medio del sistema administrador. De esta manera se considera un producto que progresivamente puede extenderse y mantener su vigencia, porque de hecho los procesos educativos no caen en obsolescencia, y más aún cuando los sistemas ALS han sido resaltados como las mayores tendencias educativas en la actualidad y proyectadas al futuro [4]

1.4 Relación de productos generados con la Investigación

La Figura 1.8 representa gráficamente la relación de los productos generados en el proceso investigativo, a fin de cumplir con los objetivos propuestos, los cuales han sido citados en apartados previos.

¹ Tin Can Api. <http://tincanapi.com/>

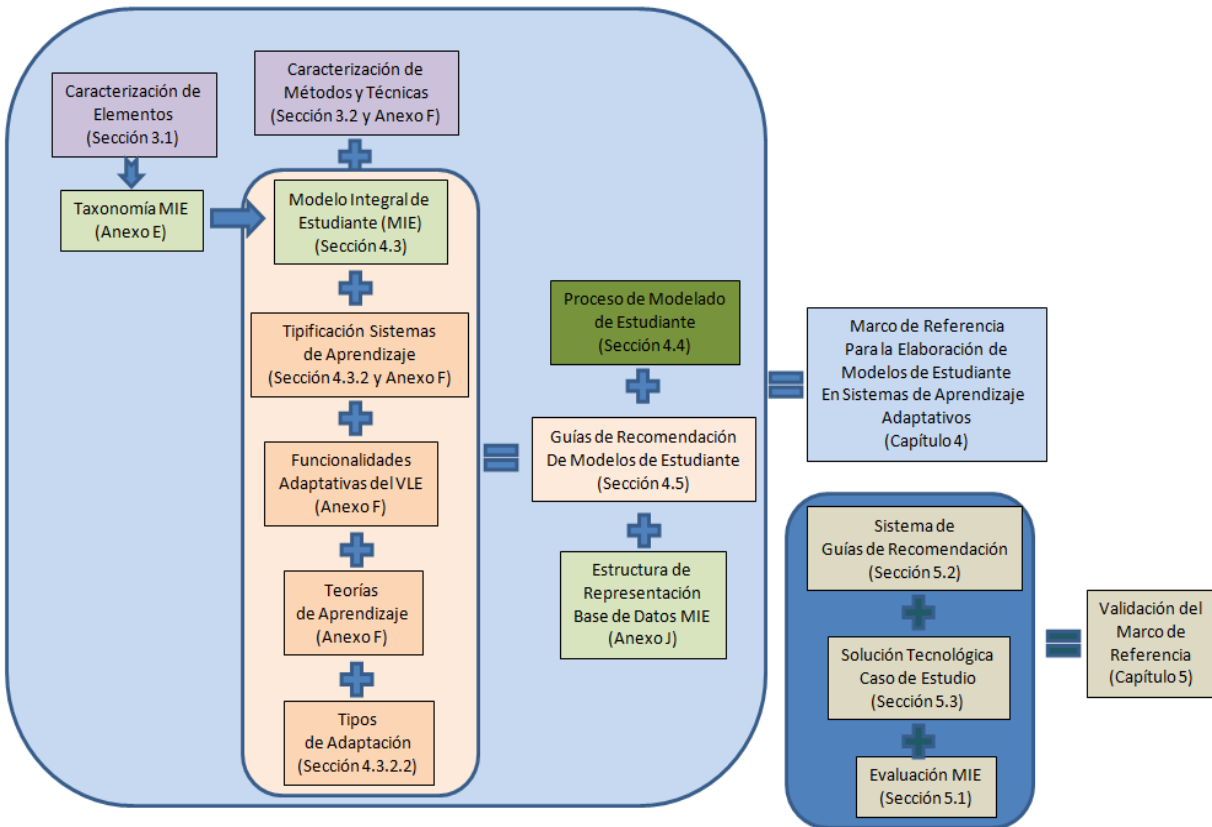


Figura 1.2. Productos integrantes de la propuesta y sus relaciones.

Esta monografía está organizado de la siguiente manera: el Capítulo 2 trata el marco teórico y estado de arte, en el que contextualizan las temáticas que sustentaron el planteamiento de problema a investigar y el soporte de trabajos investigativos previos. El Capítulo 3 brinda las precisiones sobre el proceso de Caracterización de elementos y el proceso de modelado de estudiante, dando cuenta de la aplicación metodológica y formal que derivará en la generación de la propuesta de clasificación de elementos del modelo de estudiante y de la identificación del proceso de modelado. El Capítulo 4 describe el marco de referencia objeto de la investigación, para lo cual se especifican cada uno de los tres productos esenciales en esta investigación: Modelo Integral de Estudiante, Proceso de Modelado de Estudiante y Guías de Recomendación para la integración del modelo de estudiante. En el Capítulo 5 se evidencian los procesos evaluativos cumplidos, a fin de establecer la validez y completitud de lo desarrollado, mostrando casos y métodos específicos. El Capítulo 6 expone los resultados del trabajo investigativo y el Capítulo 7 las conclusiones y trabajos futuros.

Capítulo 2

2. Fundamentación conceptual e investigativa

En este capítulo se tratará el contexto de la investigación desde dos vertientes: las teorías que aportan fundamentos conceptuales y el estado de arte que describe investigaciones estrechamente relacionadas al objeto de estudio.

2.1 Marco teórico

Para el proyecto de investigación el marco teórico define la extensión del terreno científico sobre el cual se identifica la línea de estudio y el correspondiente problema que amerita la intervención investigativa.

El marco teórico se centra en la identificación de las siguientes temáticas:

- Sistemas Adaptativos de Aprendizaje, constituyen el área de trabajo, de los cuáles se identificó su contexto, génesis, relación con otras plataformas de aprendizaje (VLE), áreas relacionadas, objetivos, características de adaptación, estructura- modelos, tipos entre otros
- Adaptación, su conceptualización, características, tipos y procesos
- Modelo de Estudiante, corresponde a la línea de estudio. De ellos se destaca su conceptualización, tipificación, utilidad, características, nivel de granularidad, entre otros
 - Especificaciones formales que aportan a la línea de estudio, fundamentalmente las relacionadas con organizaciones, grupos de estudio, propuestas, recomendaciones y definiciones
 - Estructuras de representación de los modelos de estudiante
 - Relación de las teorías psicológicas con el modelado de estudiante, derivando la estrecha relación con las ciencias cognitivas
 - Estilos de aprendizaje y preferencias

- Teorías de aprendizaje
- Instrumentos de caracterización del estudiante, a nivel de métodos y técnicas
- Proceso de modelado de estudiante tratando su conceptualización, características como proceso, imprecisiones detectadas, tipos de funciones, servicios y retos
- Diseño instruccional, su conceptualización, características, modelos y relación con el diseño instruccional tradicional
- Iniciativas relacionadas, dentro de las que incluyeron sistemas implementados propiamente como ALS o de tipologías relacionadas, modelos, propuestas aplicables, entre otros

La Figura 2.1 describe gráficamente el contexto del trabajo investigativo.

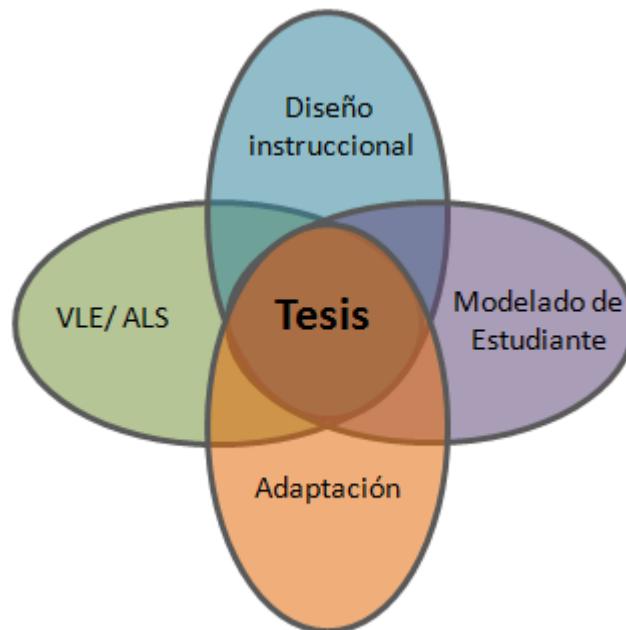


Figura 2.1. Campos de investigación conexos a la tesis.

2.1.1 Desde los VLE a los Sistemas Adaptativos de Aprendizaje

El contexto del área TEL (con las mismas pretensiones de su legado eLearning) enmarca a las plataformas de aprendizaje (sistemas de aprendizaje, Virtual Learning Environment- VLE) [14-15] como sistemas derivados de la Tecnología de la Información y la Comunicación (Information and Communication Technology- ICT), para proveer y soportar los procesos formativos (generación de conocimiento o

desarrollo de habilidades). Generalmente una plataforma de aprendizaje es un agregado de servicios interconectados que permiten ofrecer funcionalidades como [15]: (1) administración de contenidos, (2) planificación y mapeo curricular, (3) administración y compromisos con el estudiante y (4) herramientas y servicios para la comunicación y colaboración.

Cada plataforma de aprendizaje resalta una serie de propósitos, funcionalidades y técnicas, lo que en la mayoría de los casos hace difícil generar una clasificación precisa. No obstante, en términos generales la clasificación [1, 14, 16] tiende a homogeneizarse alrededor de los tipos definidos en la Tabla 2.1.

Sistema de Aprendizaje	Concepto	Características
Web Based Training (WBT)	Comúnmente se asocia a la generalidad del e-learning. Este sistema de aprendizaje parte del uso del browser como soporte para el despliegue de actividades síncronas (mediación del tutor y grupo) y asincrónicas (auto-dirigido) a través de Internet.	Dentro del set de herramientas para el soporte se tienen los métodos estáticos (portales de aprendizaje, documentos guía, hipervínculos, streaming y broadcast) y los métodos interactivos (videoconferencia, foros y chats). Este tipo de sistema, requiere apoyar el diseño pedagógico del tutor con el estímulo de la motivación del estudiante y con actividades que conduzcan al contacto humano, a fin de superar sus falencias [17].
Computer Based Training (CBT)	Sistema de aprendizaje con características similares al WBT, con la diferencia que se restringe a la provisión de actividades a nivel de una estación de trabajo (incluso llegando al nivel de una intranet).	Su margen de uso es amplio, pero habitualmente se emplea para soportar la instrucción en sistemas tutoriales/ entrenamiento para el conocimiento general o destrezas específicas. Es costoso de desarrollar dado su ajuste a un determinado grupo de estudiantes. Dentro de sus recursos más comunes se tienen: instrucción y práctica, tutoriales,

		simulaciones, juegos educativos, solución de problemas y aplicaciones. Generalmente desarrollados como sistemas de propósito específico. Se relaciona su concepto históricamente al Computer Aided Instruction (CAI) y de desarrollo particular.
Electronic Performance Support Systems (EPSS)	Sistemas considerados como extensión de los CBT y empleados para mejorar el desempeño de un estudiante en tareas complejas o repetitivas, razón por la que se emplea con problemas mal estructurados donde no hay respuesta correcta o incorrecta clara, tal como el diseño de un proyecto o escribir un ensayo [18].	Guiado en su mayoría a afianzar las destrezas en el desempeño laboral-académico, vinculando el conocimiento experto y las buenas prácticas dentro de un dominio específico. A nivel estructural, cuenta con: un componente de asesoramiento, un componente de información, un componente de entrenamiento y la interfaz con el usuario.
Learning Management System (LMS)	Sistemas de Gestión de Aprendizaje, son plataformas genéricas que permiten administrar tanto la información como actividades para el acompañamiento de la instrucción. Aunque su función está guiada al proceso instruccional, es posible adscribir en esta categoría sistemas de generación y administración de contenidos como los Sistemas Administradores de Cursos (Course Management System- CMS), Sistema de	Suple funciones de administración, seguimiento, documentación, reporte y provisión de materiales instruccionales. Del lado CMS, las funciones de desarrollo, reutilización, publicación e integración de recursos.

	<p>Gestión de Contenidos de Aprendizaje [14] (Learning Content Management System- LCMS), Entornos de Aprendizaje Gestionado (Managed Learning Environment- MLE), Sistemas de Soporte al Aprendizaje (Learning Support System- LSS), Cursos Online Abiertos y Masivos [19] (Massive Open Online Courses- MOOCs).</p>	
<p>Intelligent Tutoring System- (ITS)</p>	<p>Pretenden brindar aprendizaje significativo a los estudiantes por medio de instrucciones de asistencia tutorial inmediata, para superar problemas específicos según los objetivos definidos. Por extensión pueden relacionarse los Sistemas Hipermedia Adaptativos [20] (Adaptive Hypermedia System-AHS) que incluyen características del usuario y las aplica para adaptar aspectos visibles del mismo sistema.</p>	<p>Un sistema tutorial inteligente está compuesto generalmente por los modelos: dominio, estudiante, tutorial e interface.</p> <p>Funciones: basado en las competencias, estructuras de objetivos para tratar un problema, instrucción para el contexto problémico, reducción en la carga memorística, ajuste de granularidad de instrucciones, entre otras.</p>
<p>Assessment Support Environment (ASE)</p>	<p>Sistema de Soporte a la Evaluación. Sistemas de propósito específico que pretenden asistir en el proceso de indagación y</p>	<p>Este tipo de sistemas pueden diferir entre los orientados a la generación y gestión de instrumentos, y los orientados a la evaluación cognitiva, formativa y/ o personalizada del</p>

	valoración de los logros de un estudiante.	estudiante.
Personal Learning Environment (PLE)	Los Entornos de Educación Personal [21] conceptualmente pretenden cambiar el esquema pedagógico centrado en los contenidos, brindando el rol protagónico al estudiante. A este concepto se adscribe el Aprendizaje Basado en Competencias (Competency-based Learning).	Se caracteriza porque el estudiante asume el control y gestión de su propio proceso, lo que involucra la identificación y gestión de objetivos, gestión de contenidos y procesos y finalmente, gestión de comunicación.
Responsive Open Learning Environments (ROLE)	Los Sistemas de Aprendizaje Abiertos de Respuesta [22-23] se fundamentan en el aprendizaje auto-regulado y en la responsabilidad del propio estudiante por su proceso.	Basados en aspectos meta-cognitivos, lo que implica que el estudiante esté en capacidad de mirar objetivamente su proceso de aprendizaje, identifique y promueva formas eficientes con las que aprende de manera más significativa. Este tipo de sistemas trabajan con adaptación de contenidos, navegación y funcionalidades del sistema, para el estudiante.
Computer-supported Collaborative Learning (CSCL)	Los entornos de trabajo en grupo o de colaboración fundamentan su uso en la construcción del conocimiento colaborativo soportado en la interacción social.	El aprendizaje colaborativo involucra el aprendizaje individual como insumo para producir por la construcción colaborativa de conocimiento (no el agregado de conocimientos particulares).
Context-Aware Learning Environment	Los Entornos de Aprendizaje Sensibles al Contexto [24-28] son sistemas que se componen por un lado de la	Sistemas de aprendizaje que pretenden entornos transparentes al estudiante para obtener servicios en cualquier momento, lugar y recursos,

(CALE)	personalización (relacionada con el estudiante) y el ajuste automático (relacionado con el proceso de adaptación), a fin de ajustarse a las situaciones y necesidades del propio estudiante.	por lo cual se sustentan en sistemas ubicuos.
--------	--	---

Tabla 2.1. Clasificación de plataformas de aprendizaje (VLE).

Resulta notorio y causa sorpresa no encontrar en la anterior clasificación a los Sistemas Adaptativos de Aprendizaje (ALS), sin embargo estos sistemas efectivamente se corresponden con las plataformas de aprendizaje, con la extensión de la provisión de funciones adaptativas, para lo cual la plataforma debe ajustar su operación para incluir [29]:

- Un framework pedagógico para vincular aspectos didácticos e instruccionales
- Capacidad de proveer rutas instruccionales (learning path) en correspondencia con las características del estudiante
- Disposición de asesoría y acompañamiento al estudiante
- Monitoreo dinámico al estudiante
- Interactividad en los materiales y actividades ajustables

Para una plataforma de aprendizaje el proceso de aprendizaje debe gestarse a partir del entorno, tiempo, público objetivo y nivel cognitivo [30] y debe garantizar la corrección de los artefactos de mediación, amplia participación, evaluación y realimentación. Gran parte de la expansión de los sistemas VLE se logró cuando la balanza de aportes entre tecnología y pedagogía tendió a equipararse, razón por la cual se promovió la caracterización del estudiante no de forma genérica como ente pasivo en el proceso, sino entendiendo que el éxito del sistema radicaría en que éste aprendiese también del estudiante [31]. Esto implica que el sistema debe contar con cierta capacidad para abstraer las características de sus usuarios, ingresando a los

terrenos de la meta-cognición, los estilos de aprendizaje, aptitudes y destrezas cognitivas [32-33].

En este punto es destacable promover una reflexión sobre la distancia que puede existir entre todas estas aproximaciones de la psicología, pedagogía, sociología, filosofía, lingüística e incluso las ciencias forenses, con respecto a las capacidades de las herramientas tecnológicas para solventarlas; esto debido a que sus teorías se sustentan en el análisis de la subjetividad de la conducta humana, frente a la necesaria causalidad con que operan los sistemas tecnológicos. El desarrollo investigativo paulatinamente muestra importantes hallazgos en el tratamiento de la subjetividad.

El diseño de sistemas de aprendizaje con mayor capacidad de legibilidad del estudiante promovió la inclusión de los Sistemas Adaptativos de Aprendizaje, cuyo objetivo esencial es captar con la mayor precisión e integridad la información de los usuarios intervinientes a partir del proceso de caracterización [34-35]. De este proceso depende en gran medida el nivel de adaptación o personalización del sistema para el estudiante, y es por ello que el área científica amerita contar con una visión holística que enmarque las características del estudiante y brinde la posibilidad de reducir incertidumbres e imprecisiones en su representación.

Desde la perspectiva pedagógica, un ALS se fundamenta en el aprendizaje centrado en el estudiante y las teorías del aprendizaje conexionista y simbólico [29], de manera que funcionalmente es deseable que: (1) el usuario emplee capacidades como el pensamiento crítico, la autorregulación, colaboración, interpretación y creatividad, y (2) el sistema esté en capacidad de adquirir, organizar, personalizar, compartir, usar e inferir la información dinámica de la interacción del estudiante [36].

El desarrollo de los ALS históricamente relaciona una fuerte tendencia hacia los entornos web y en este contexto, tal vez su más destacado representante sea Peter Brusilovsky², quien provee una taxonomía de la siguiente manera: el área que da tratamiento a los procesos en torno a la interacción de los actores educativos (estudiante, tutor, entorno) corresponde a los Sistemas Educativos Adaptativos e Inteligentes Basados en Web (Adaptive and Intelligent Web-based Educational

² Peter Brusilovsky. <http://www.pitt.edu/~peterb/>

Systems –AIWBES) [37], [38]; AIWBES dota al sistema educativo de técnicas provenientes de tres vertientes, a saber: (1) Adaptativas, (2) Inteligencia y (3) Web-inspiradas [39]; bajo su clasificación se encuentran los Sistemas Educativos Adaptativos Basados en Web [40] (Adaptive Web-based Educational Systems- AW-bES), los Sistemas Hipermedia Adaptativos Educativos [33] (Adaptive Educational Hypermedia Systems -AEHS), los Sistemas Educativos Basados en Web [38] (Web-based Educational Systems -WbES) y los Sistemas Tutoriales Inteligentes [41] (Intelligent Tutoring Systems- ITS).

De manera general, se han tipificado tres formas de cumplir con la adaptación en sistemas VLE [33, 42]: a nivel de presentación, con respecto a la disposición con que se muestra la información según las características del usuario, a nivel de navegación en correspondencia con lo que “debería” permitírsele explorar al estudiante y a nivel de contenido.

Estructuralmente un ALS está integrado por los modelos de dominio (dominio de conocimiento), estudiante (características del estudiante), instruccional (diseño instruccional), contexto (información independiente del dominio) y adaptación (generador de las funciones adaptativas y de inferencia) [34, 43-45]. Un proceso de adaptación debe corresponder a una lógica de acción respecto a cómo, dónde y cuándo el sistema podría adaptarse [46].

2.1.2 Adaptación

Como ya ha sido tratado a lo largo de este documento, la adaptación es una característica funcional del sistema con la cual se posibilita la provisión de una experiencia de aprendizaje personalizada a las condiciones de cada estudiante.

Respecto a las características de adaptabilidad [47], un sistema adaptable permite generar alteraciones tanto de su entorno como comportamiento a partir de las acciones de los usuarios, o su tutor; entre tanto, un sistema adaptativo realiza los ajustes automática y autónomamente. Las dos funciones pueden coexistir en un mismo sistema; "la complejidad de la adaptación es una medida relativa para determinar la complejidad e inmediatez del proceso que genera la adaptación,

basado en el número de datos de entrada; si hay una relación directa entre las entradas y la adaptación, entonces la complejidad es baja" [48].

2.1.2.1 Tipos de adaptación

Como característica funcional del sistema, la adaptación puede tipificarse atendiendo las siguientes perspectivas:

Brusilovsky [49] define que en los sistemas adaptativos inicialmente la decisión de adaptación se fundamentaba en las características del usuario abstraídas en el modelo de usuario, sin embargo él mismo hace la actualización de su concepto apoyado en lo definido por Kobsa [48], clasificando tres enfoques de adaptación: (1) Basada en la información del usuario, (2) basada en la información de uso y (3) basada en la información del entorno.

La adaptación basada en la información del usuario corresponde al reconocido y tal vez principal objetivo de adaptación, el usuario y sus características. La adaptación basada en información de uso corresponde a la interacción del usuario con el sistema que no se puede resolver con las características del usuario. Finalmente la adaptación basada en la información del entorno relaciona la información del contexto que no es propia del usuario.

De otro lado, el mismo Brusilovsky [49] desde la perspectiva de los AEHS especifica una taxonomía que incluye dos áreas de adaptación (Figura 2.2- a): (1) Adaptación a nivel de contenido o presentación adaptativa y (2) Adaptación a nivel de enlaces o soporte a la navegación adaptativa. A su vez, la presentación adaptativa se subdivide en adaptación de texto (adaptación del texto conservado y adaptación de lenguaje natural), adaptación multimedia y adaptación de modalidad, mientras que el soporte a la navegación adaptativa fue subdividido en ocultamiento de enlaces, clasificación, anotación, guía directa y la adaptación del mapa hipertexto.

García [50] define un esquema de clasificación de métodos adaptativos a partir de tres dimensiones básicas: (1) entidades adaptables, tales como el contenido de aprendizaje, selección de material y rutas instruccionales o anotaciones; (2) rasgos personales del estudiante como el conocimiento previo, preferencias o intereses

individuales; (3) razones de la personalización, caso tal del modelo de preferencia, compensación de los déficit de conocimiento o incremento de la eficiencia ergonómica. A su vez el mismo autor hace una abstracción de la propuesta [51] con cuatro categorías: (1) secuenciamiento adaptativo, (2) interfaces incrementales, (3) presentación adaptativa y (4) soporte a la navegación adaptativa.

Adicionalmente, García [50] concreta su propia propuesta de personalización para los sistemas E-Learning Adaptativos (Adaptive e-Learning -AEL) (por él denominados) con tres categorías: (1) Presentación referida a la intra e inter relación de objetos de aprendizaje, (2) Interacción referida al acceso, presencia y activación adaptable de materiales y (3) Composición que corresponde a la escalabilidad de estructuras adaptables, en correspondencia con la Figura 2.2-b.

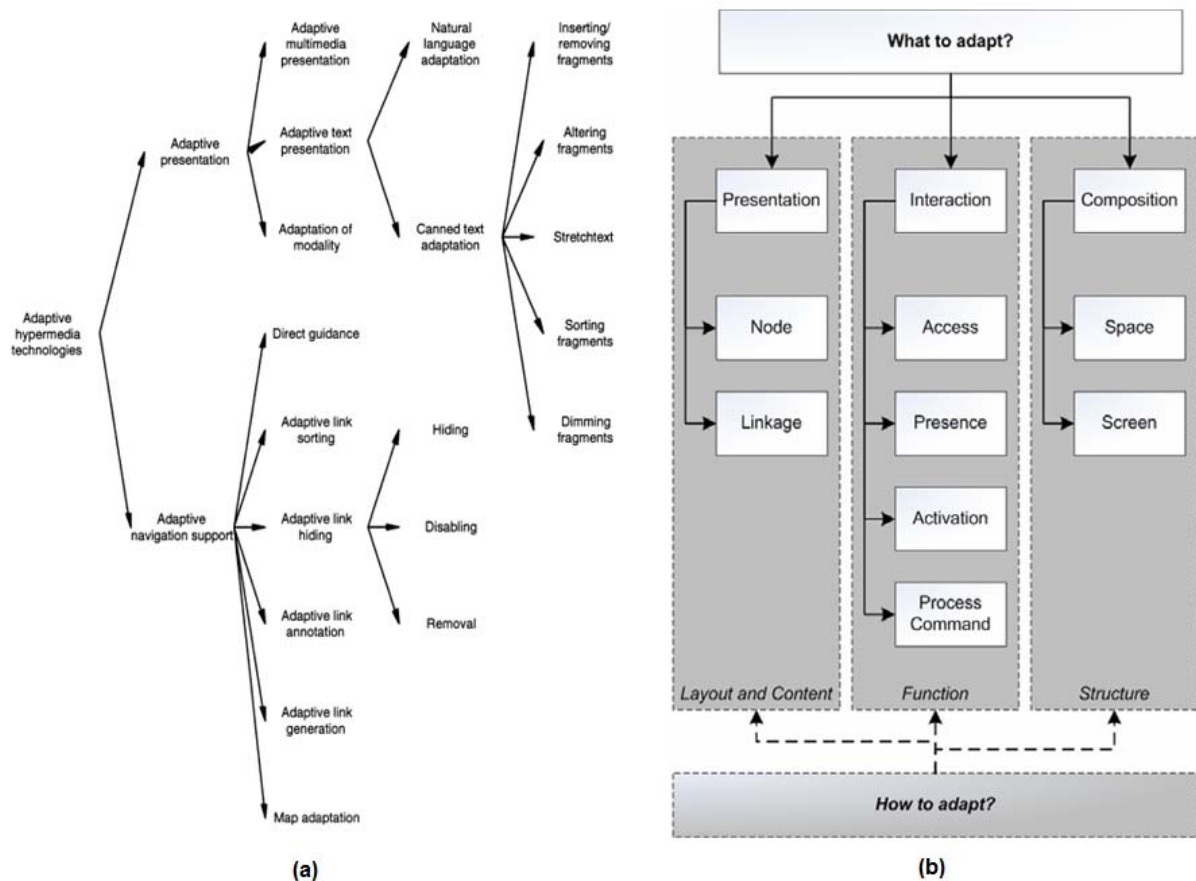


Figura 2.2. Taxonomías de adaptación. (Fuente: [49] y [50]).

2.1.3 Modelos de Estudiante

Los modelos de estudiante son abstracciones realizadas por el sistema de aprendizaje, respecto a las características del estudiante, de modo que esta información sea puesta al servicio de las funcionalidades adaptativas [52]. De una forma más simple, el término "modelo de estudiante" se refiere a la información que el sistema almacena con respecto al usuario (estudiante) [53].

Dependiendo del sujeto del dominio, los modelos de estudiante pueden crearse con sub-modelos pertenecientes a uno de dos tipos [54]: (1) Información específica del dominio de conocimiento o (2) Información independiente del dominio.

Si el modelo de estudiante es dependiente del dominio, entonces resulta deseable que integre elementos como nivel de conocimiento, su entendimiento respecto al dominio de conocimiento o elementos curriculares, errores cometidos, el proceso de desarrollo de conocimiento, registros de comportamientos de aprendizaje, registros de evaluación, entre otros [55]. Si el modelo de estudiante es independiente del dominio, en un contexto amplio debe considerar actividades cognitivas, de percepción y motoras. En cuanto al modelado de aspectos cognitivos, se destacan cinco características: (meta) conocimiento, intenciones, capacidades (estilo cognitivo y habilidades intelectuales), preferencias y motivaciones (logros motivacionales, ansiedad, competencias de motivación y locus de control), siendo el conocimiento y las intenciones, las de mayor atención por parte de la Inteligencia Artificial y las Ciencias Cognitivas [53].

La granularidad de los elementos corresponde al nivel de profundidad o composición que el diseñador del modelo de estudiante le brinda a cada uno. Así hay elementos con granularidad gruesa o fina. Las variaciones en el nivel de granularidad impactan la efectividad de técnicas para el seguimiento de las acciones del estudiante, por ejemplo [56].

Según las técnicas para caracterizar elementos, los modelos de estudiante pueden ser implícitos (si existe una lógica al interior del modelo de adaptación con la que se infieran elementos a partir de información ya recolectada) o explícitos (la información caracterizada transcurre de manera evidente para el estudiante) [57]. Para un

estudiante resulta tedioso recibir permanentemente instrumentos para diligenciar y esta desmotivación puede conllevar respuestas imprecisas, lo que afectará la base de decisiones adaptativas.

Desde la óptica del diseño instruccional, funcionalmente el modelo de estudiante se puede considerar [53]:

- Elaborativo, para soportar la selección del siguiente tema o actividad
- Diagnóstico, para la identificación de errores y determinación de rutas de solución
- Correctivo, para la selección de la actividad remedial apropiada
- Estratégico, para proveer información para la selección de la estrategia tutorial
- Predictivo, para anticipar cómo se va a desempeñar el estudiante
- Evaluativo, tanto para el estudiante como el sistema
- Comunicativo, para soportar un estilo de iniciativa de interacción mixta

2.1.3.1 Estándares relacionados

En cuanto a la definición de los elementos constitutivos del Modelo de Estudiante, se han generado algunos estándares y grupos de análisis, como:

- P1484.1/D6, 2000-11-14, *Learning Technology Systems Architecture (LTSA)- Public and Private Information (PAPI)* [58], especificación para soportar el intercambio de información del estudiante entre diferentes sistemas, cubriendo tanto la sintaxis como la semántica del modelo de estudiante, este producto no ha cumplido actualizaciones desde el año 2001, su nivel de alcance no cubría los aspectos de adaptabilidad y obviamente desde su expedición un amplio número de elementos, técnicas y procesos ya hacen parte del núcleo del área
- *IMS Learner Information Package Specification* [59], es una colección de información respecto al estudiante (en los niveles individual y grupal) diseñada por el *IMS Enterprise*³ pretendiendo la interoperabilidad entre sistemas de aprendizaje, esta especificación no ha sido desarrollada con fundamentos adaptativos y de hecho es considerada como "no suficientemente madura" en la actualidad

³ IMS Global Learning Consortium. <http://www.imsglobal.org/>

- IEEE1482 *Learning Technology Committe* (LTSC) [60], comité del que no se conocen aportes diferentes al literal previo
- ISO/IEC JTC1 SC36 [61], grupo de trabajo para la estandarización en el área de *Information Technology for Learning, Education, and Training*, que ha conformado frentes de estudio interesantes para la presente investigación en el periodo 2002 a 2011, como: (1) WG3 *Participant Information* [62] que hace seguimiento al progreso en el área de estandarización de la información del estudiante, logrado por diferentes organizaciones; (2) ISO/IEC CD 24751-8 *Information technology - Individualized adaptability and accessibility in e-learning, education and training*, destacado por cubrir el área de adaptabilidad, pero desafortunadamente cancelado en 2010 sin resultados visibles; (3) ISO/IEC 24703:2004 *Information technology -- Participant Identifiers* [63], con el que se definen los tipos de datos de los identificadores que pueden asociarse con los participantes en educación y entrenamiento, en los roles de usuario, profesor, agentes, grupos, organizaciones o instituciones
- ETSI STF 265- *User Profile Management* [64] describe el concepto de perfilamiento de usuario y brinda guías para administrarlos, a fin de personalizar tanto servicios como dispositivos (a nivel telemático)
- ETSI TS 102 747- *Personalization and User Profile Management- Architectural Framework* [65] establece la arquitectura debidamente modelada para soportar la personalización
- *Reusable Definition of Competency or Educational Objective* (RDCEO), especificación con las definiciones de competencias como parte de la formación y el aprendizaje, su objetivo es generar el intercambio entre sistemas de aprendizaje, de recurso humano, de contenido de aprendizaje, repositorios de habilidades o competencias, entre otros
- CELTS (*Chinese E-Learning Technology Standards*)⁴ ha emitido especificaciones relacionadas con la información a incluir en el modelado de estudiante

⁴ CELTS (Chinese E-Learning Technology Standards). URL: <http://pi.cs.tsinghua.edu.cn/projects/e-learning/index.html>

2.1.3.2 Proceso de modelado de estudiante

El modelado de estudiante está definido como un proceso ligado al diagnóstico general o específico del estudiante, dependiendo de la estructura de elementos componentes del modelo de estudiante (general si el modelo es independiente y específico si es dependiente del dominio de conocimientos) [57]. Así mismo, esta fuente determina que es deseable que el proceso de modelado permita constituir un modelo de estudiante completo que incluya entre otros elementos, todo el conocimiento relevante previo, el progreso, estilos de aprendizaje e información particular de las condiciones personales del estudiante; "implementar tal modelo sería una tarea formidable sino es que imposible; por tanto un gran número de sistemas intentan modelar al estudiante solo en relación a la representación de la materia de interés" [57].

El modelado de estudiante como proceso debe identificar [57]:

- El sujeto de modelado, determinado por el grado de especialización (estudiante o grupo) y el alcance temporal (término de relevancia de la información)
- El objeto de modelado, corresponde a la información que se caracterizará en el sujeto
- El procedimiento para adquirir y mantener el modelo, para lo cual se establece el conjunto de técnicas. El mantenimiento permitirá determinar discrepancias en la información y la forma de resolverlas
- Contexto, que determina las razones por las cuales existe y se requiere el modelo de estudiante. En tal sentido, el modelo está en capacidad de ser cuestionado y responder con información del estudiante, soportar al estudiante en su proceso formativo dentro del sistema, brindar realimentación o dar razones sobre las actuaciones del sujeto

Moreno hace explícito que "el modelado del estudiante ocurre en tiempo de ejecución, cuando al sistema se le proporcionan datos acerca del estudiante; es entonces cuando el modelo del estudiante es creado" [57], lo cual presupone la existencia de la estructura del modelo, sin que se precise la manera en que tal estructura se genere. En la misma línea diferentes autores especifican que la constitución del modelo de estudiante se puede cumplir ya sea en la etapa de (1) inicialización [66], empleando técnicas como aplicación de cuestionarios específicos, test adaptativos informatizados [67-68], pruebas iniciales o estereotipado al realizar

correlación de perfiles [54]; o en la etapa de (2) diagnóstico [69], que se genera a partir del comportamiento que el estudiante tiene durante su interacción con el sistema, para lo que el sistema adaptativo de aprendizaje debe inferirla a partir de los datos con que cuenta, como la información particular, respuestas a preguntas planteadas, patrones de comportamiento durante el proceso de aprendizaje, entre otros.

Desde la perspectiva de la lógica, un modelo de estudiantes es visto como un conjunto de creencias y el objetivo del proceso de modelado es generarlas. Una creencia básica es la que se capta por la interacción directa del estudiante con el sistema, mientras que una creencia derivada es la que se genera por la mediación de procesos de inferencia entre las creencias básicas y el conjunto de datos ya constituidos en el modelo de estudiante. La inspección constante de las acciones del estudiante describe un proceso diagnóstico [70] que destaca a los modelos dinámicos.

El proceso de modelado debe estar en disposición de ofrecer servicios como [66]:

- Representación de creencias respecto uno o más tipos de características del usuario
- Representación de características relevantes comunes a subgrupos de usuarios (estereotipos)
- Clasificación de pertenencia de usuarios a uno o más subgrupos
- Registro de los comportamientos del estudiante, particularmente los derivados de su interacción con el sistema
- Formación de creencias del usuario respecto a su historial de interacciones
- Generalización de historias de interacción de muchos usuarios en estereotipos
- Diseño de creencias adicionales respecto al usuario, basado en usuarios previos
- Mantenimiento de la consistencia del modelo
- Provisión de creencias actuales respecto al usuario así como su justificación
- Evaluación de las entradas del modelo de estudiante en relación con otras comunes

El mismo autor [66] sugiere que la lista de servicios puede crecer o actualizarse en correspondencia con nuevas formas de adaptación.

Diversas reflexiones sobre el modelado de estudiantes se han realizado respecto a las implicaciones del modelado de estudiante para diferentes líneas de desarrollo tecnológico, es así como Aroyo [71] destaca importantes retos del modelado de usuario/ estudiante en entornos web, tanto por su estructura distribuida como por la posibilidad de contar con sistemas adaptativos colaborativos, lo que conlleva al tratamiento de la "web of data". Una vez más, se destaca que buenas aplicaciones adaptativas requieren una mayor inversión en términos de elicitar el conocimiento relevante del dominio de contenido, usuarios y efectos de la adaptación, lo cual destaca la relevancia de la interoperabilidad para compartir y reutilizar tanto contenidos (y modelos), como funcionalidades adaptativas, y en tal sentido tecnológicamente surge el tratamiento semántico a la información de los modelos de estudiante.

2.1.4 Diseño instruccional

El término diseño instruccional tiene su ámbito en la práctica pedagógica tradicional (no virtual); abarca el proceso de análisis y planeamiento de la actividad educativa, en tal sentido requiere: la identificación de los objetivos del curso, la parcelación de temáticas a abarcar, la identificación de contenidos y materiales de aprendizaje, identificación de actividades para dinamizar el proceso, el reconocimiento de los ritmos de aprendizaje de los estudiantes, el planeamiento de la evaluación y el diseño de actividades de reforzamiento. En las fuentes pedagógicas, se resalta la experiencia del docente para alcanzar la suficiente claridad sobre la actividad académica en su conjunto, pero sobre todo en la capacidad para identificar a cada estudiante y realizar actividades en correspondencia [72]. Es notorio que las condiciones didácticas en los entornos no virtuales hacían que la teoría educativa preponderante en el diseño instruccional fuese el conductismo y en ese sentido la adaptación a cada estudiante era prácticamente nula.

En este tipo de situaciones se establece una ruptura de paradigma por cuenta de la intervención tecnológica, dado que los entornos VLE abrieron la puerta para que el diseño instruccional tuviese la aplicación adecuada y se diera paso a teorías educativas más abiertas, como es el caso del constructivismo y cognitivismo. Distintos modelos para el diseño instruccional en VLE se han propuesto [73]:

- Primeros principios de instrucción de Merrill: para metodologías basadas en problemas con cuatro fases: Activación de experiencias previas, Demostración de destrezas, Aplicación de destrezas e Integración de esas destrezas a las actividades cotidianas
- Modelo ADDIE. Cuenta generalmente con cinco fases cíclicas: Análisis (identificación del problema instruccional), Diseño (Identificación de objetivos, instrumentos evaluativos, ejercicios, contenidos, temáticas, planeamiento de la lección y selección de material), Desarrollo (Diseñadores y desarrolladores crean y ensamblan los contenidos diseñados, se crean storyboards, integra el contenido y diseñan los gráficos), Implementación (se capacita a los estudiantes y facilitadores sobre el plan de estudios, resultados métodos de gestión de aprendizaje y procedimientos de pruebas) y Evaluación (formativa y sumativa)
- Modelo Dick y Carey, siendo el más reconocido. Se focaliza en la relación entre contenido, contexto, aprendizaje e instrucción. Sus componentes son: Identificación de objetivos instruccionales (destrezas, conocimientos, actitudes para ser adquiridas), Análisis de la conducta instruccional (identifica lo que debe lograr el estudiante), Análisis de los estudiantes y el contexto (identifica características generales de la audiencia, incluyendo destrezas, experiencias previas e información demográfica, características de destrezas de pensamiento y realiza análisis de desempeño y ajustes de aprendizaje), Redacción de objetivos de desempeño (incluye comportamiento, condición y criterio. Estas son rúbricas para valorar el cumplimiento del estudiante), Desarrollo de instrumentos de evaluación, Desarrollo de estrategia instruccional (actividades pre-instruccionales, presentación de contenido, participación de estudiantes, evaluación), Desarrollo y selección de materiales instruccionales, Diseño y evaluación formativa de conductas de instrucción (actividades remediales), Revisión de la instrucción (para identificar dificultades), Diseño y evaluación sumativa de conductas
- Modelo de Kemp. Adecuado para ambientes híbridos (blended learning). Incluye nueve elementos: Identificación de los problemas instruccionales, Revisión de características del estudiante, Identificación de contenido, objetivos y propósito, Fijación de objetivos instruccionales para el estudiante, Secuencia de contenidos con cada unidad instruccional, Diseño de estrategias instruccionales, Planeamiento de mensajes y provisión instruccional, Desarrollo de instrumentos de evaluación, Selección de recursos para soportar la instrucción

- 9 Eventos de Gagné. Basado en las condiciones mentales para el aprendizaje con nueve eventos: Obtención de atención, Informe al estudiante sobre los objetivos, Estímulo a la recuperación de aprendizajes previos, Material de estímulo presente, Proporcionar orientación al estudiante, Obtener un rendimiento, Proveer comentarios, Evaluar el desempeño, Mejorar la transferencia de retención
- Otros modelos como: la taxonomía de Aprendizaje de Bloom, 4 Niveles de Kirkpatrick y el Mapeo de Acción de Cathy Moore

2.2 Estado de arte

A continuación se analiza el aporte de proyectos relacionados con el objeto de estudio de esta investigación.

El "Modelo dinámico del estudiante en cursos virtuales adaptativos utilizando técnicas de inteligencia artificial" [74] parte del reconocimiento de la complejidad de las características propias del estudiante y la necesidad que el tutor adapte las estrategias empleadas a cada perfil. Emplea un sistema multi-agente como técnica para caracterizar al estudiante. Asume el modelo de estudiante basado en las propuestas [75-76], adapta instrumentos particulares para caracterizar elementos específicos del modelo de estudiante e implementa el conjunto sobre una plataforma denominada Sicad+. Dentro de sus conclusiones resalta la superficialidad con que los modelos de estudiante son tratados en el contexto de la educación virtual, lo que conduce a generar dispersión en los estudiantes al no contar con plataformas adaptativas; igualmente especifica la necesidad que se extienda el estudio con criterios derivados de áreas como la psicología, sociología y pedagogía, para garantizar mayor eficacia tanto al modelo y como al proceso de aprendizaje.

El trabajo "Student Models in Computer-Based Education" [75] presenta una propuesta de criterios a considerar en un modelo de estudiante, a saber: Nivel de conocimiento, Características psicológicas, Estilo y velocidad de aprendizaje, Desarrollo de tarea, Habilidad de aprendizaje, Nivel de habilidades, Métodos de las estrategias de enseñanza y Grafos de Conocimiento. Destaca su aporte con una

visión integral para el modelo de estudiante a diferencia de los modelos clásicos centrados exclusivamente en el dominio de conocimiento.

La monografía doctoral "Entorno de aprendizaje virtual adaptativo soportado por un modelo de usuario integral" [77], propone un Modelo de Estudiante Integral (acuñando éste término) que incluye información del contexto, interacción y características del usuario (37 variables), para promover la adaptación de contenido e incentivar la reflexión y autonomía del estudiante. Se resalta el contexto del modelado como "la forma como se establece y mantiene el conocimiento respecto a las preferencias de un usuario particular", además especifica un conjunto de servicios que se pueden proveer a partir de un modelo de usuario en Sistemas Hipermedia Adaptativos, CSCL y Sistemas Recomendadores. En sus conclusiones se especifica la relevancia demostrada de la adaptación para favorecer el desarrollo de procesos de aprendizaje más efectivos y eficientes, también fija puntos de reflexión sobre: 1) el uso de los modelos abiertos, dado que los resultados obtenidos no fueron satisfactorios y 2) los altos costos de implementación de los procesos de evaluación y validación en los entornos virtuales de aprendizaje.

El proyecto "ADOPTA model of learner and educational game structure" [78] requiere la constitución de un modelo de estudiante para representar la información propia de gamers, tales como los intereses, rendimiento, estrategias, entre otros; para tal fin integra el modelo de estudiante con lo definido en los estándares IEEE PAPI e IMS- Learner Information y aportes de otras fuentes. La dinámica de la adaptación corre por cuenta del sistema propuesto ADOPTA. Resulta interesante verificar que a pesar de la integración de la información de los dos estándares más destacados en cuanto a caracterización de usuarios, no son suficientes sus elementos para cumplir el requerimiento del perfil de usuario.

El proyecto "SUMA" [47], destaca la generación de un módulo de estudiante y uno de tutor para la provisión de actividades adaptativas. Sustenta la necesidad del modelo afirmando que: "Los usuarios son diferentes: tienen diferente bagaje, diferente conocimiento sobre una materia, diferentes preferencias, metas e intereses. Para individualizar y personalizar las acciones, se necesita un modelo del usuario que permita seleccionar respuestas individualizadas para cada usuario del sistema". Adicionalmente permite conocer las barreras en el modelado de estudiante: "el

ambiente, muchas veces, contiene una gran cantidad de incertidumbre; las inferencias de los estudiantes pueden ser imperfectas y pueden estar basadas en conocimiento inconsistente; la construcción de explicaciones del comportamiento del estudiante es intratable desde el punto de vista computacional; los estudiantes son creativos e ingeniosos y frecuentemente se empeñan en comportamientos nuevos e imprevistos que requieren mucha sofisticación para ser interpretados". A partir de estas barreras plantean recomendaciones para la elaboración del modelo de estudiante: "diseñar interacciones entre el estudiante y la computadora en las que se da al aprendiz la información necesaria para construir un modelo del estudiante en lugar de ser inferida por el sistema; relacionar el contenido propuesto del modelo del estudiante con acciones instruccionales específicas; hacer el contenido del modelo del estudiante accesible al estudiante para motivar reflexión por parte de éste; asumir un papel colaborativo para el sistema (la fidelidad del modelo del estudiante tiene menor importancia); ver el contenido del modelo del estudiante como una representación de las creencias del estudiante acerca del mundo; el papel del sistema es, entonces, apoyar al estudiante en la elaboración de estas creencias". En sus conclusiones refieren la complejidad propia del proceso de modelado, para lo que recomienda hallar el equilibrio entre la cantidad, calidad y tipo de información.

El trabajo de tesis "Modelo de Estudiante basado en mapas conceptuales" [79], concibe al modelo de estudiante como un conjunto de creencias que el sistema genera respecto al usuario; en tal sentido cada creencia puede ser tratada con una base de reglas que operan sobre el árbol de conceptos conformado por las representaciones de mapas conceptuales. Esto permite predecir decisiones, rutas de acción y sustentar el avance que ha logrado el estudiante.

Las iniciativas relacionadas en el Anexo B, abarcan aproximaciones realizadas en centros de investigación y en proyectos de titulación a nivel de maestrías y doctorados, en temas como: sistemas adaptativos, ALS, ITS, estilos de aprendizaje, sistemas de aprendizaje, metodologías y evaluación adaptativa. Tales iniciativas se describen en términos del modelo de estudiante y el tratamiento adaptativo.

Las iniciativas tratadas en el Anexo B (por favor remitirse a este Anexo para completar el contexto del estado de arte), junto con [31, 33-34, 43, 52, 54, 74, 79-86] destacan las siguientes reflexiones al estado de arte:

- Generar un modelo de estudiante holístico es una tarea dispendiosa, en virtud de la diversidad de elementos a considerar
- Los modelos de estudiante de la mayoría de sistemas adaptativos de aprendizaje se constituyen en soluciones aplicables a un estado del proceso formativo, pero carecen de la capacidad de adaptarse para acompañar el *lifelong cycle* de cada estudiante
- Dada la gran cantidad de aproximaciones y desarrollos realizados, se conceptúa que el modelado de estudiantes generalmente vincula tres pasos fundamentales, (1) inicialización, (2) actualización permanente del sistema con las intenciones y comportamiento del usuario, (3) razonamiento para inferir nueva información que alimenta al modelo (este puede adscribirse como extensión de la actualización)
- El modelado de estudiante es una tarea compleja que destaca la incertidumbre, imprecisión y no completitud
- Dada la diversidad de fundamentos, resultados, modelos y herramientas desarrollados a nivel científico, se hace necesario tomar ventaja de ellos para integrarlos a nuevos desarrollos, pero en contraposición está la complejidad dada por tal diversidad
- Los esquemas de evaluación de modelos de estudiante no se encuentran lo suficientemente refinados, de manera que aún se hace necesario suplirlos con la relación de evidencias empíricas, hecho que limita el proceso adaptativo
- El sustento de las implicaciones pedagógicas en los ALS sigue siendo un reto que promueve procesos investigativos
- La implementación de modelos de estudiante y de sistemas adaptativos de aprendizaje son procesos costosos tanto en dedicación de los desarrolladores, integración de elementos y económicamente, pero el mayor costo se traduce al vincular nuevos conceptos y elementos, como la adaptabilidad, que al no ser usada adecuadamente hace de los ALS algo ineficientes y poco certeros

2.3 Conclusiones del estado de arte

El carácter adaptativo de los ALS tiene un amplio camino por recorrer, ya que tal adaptación debe cumplirse no solo a nivel tecnológico sino procedimental con

respecto a los estudiantes, de modo tal que el sistema sea capaz de abastecerse de técnicas para identificar quién es el estudiante, caracterizarlo sobre sus rasgos acentuados de personalidad, determinar su nivel cognitivo, identificar rutas de acción para corresponder a su estilo de aprendizaje, evaluar su estado de avance cognitivo e interpretar, inferir o predecir resultados frente al proceso formativo.

Se reconocen debilidades con respecto a los métodos de evaluación sobre los ALS, tal como lo precisan en sus estudios Paramythis, Weibelzahl y Masthoff [87] "la evaluación de sistemas adaptativos interactivos por mucho tiempo se ha reconocido como una tarea complicada y exigente", en virtud de la misma adaptación y de la interacción con el estudiante. Es notorio que el ALS inspecciona acciones directas y explícitas del estudiante, pero adicionalmente infiere información del usuario y su contexto, y esto hace que el sistema se aparte de los enfoques tradicionales de evaluación; por otro lado el sistema debe ser observador de los efectos de la adaptación en el usuario, lo que conlleva un tiempo considerable y análisis multivariados, hechos que históricamente no permitieron que la evaluación fuese abordada con suficiencia en frameworks estandarizados [87]. Adicionalmente, si los ALS caracterizan con imprecisiones o reducción de criterios al estudiante, el proceso evaluativo se mantendrá distante de una adaptación real, que tienda a medir efectivamente el nivel alcanzado por el mismo usuario; situación que marca una cadena de deficiencias, pues al no poder valorar adecuadamente el nivel del estudiante, se hace borroso el reconocimiento de las capacidades y destrezas cognitivas con que cuenta, siendo éste el interés de la disciplina pedagógica. "Cuanta menos información explícita sobre las características relevantes del usuario o los comportamientos que el modelo sea capaz de obtener, mayor será la incertidumbre en el proceso de modelado" [88].

Gran cantidad de diseños e implementaciones de modelos de estudiante han puesto de manifiesto elementos de mayor granularidad, como la inclusión de componentes específicos (como el performance y el modelo histórico de enseñanza), abstracciones de modelos por capas [89], aplicación de múltiples técnicas de modelado [90], adaptación de modelos para la captura de información, ejecución de procesos de precarga y validación, aplicación de modelos para complementar tanto la inicialización como el diagnóstico [33], técnicas para el diseño del modelo [77], técnicas psicopedagógicas para preparar tanto el sistema como al estudiante [80],

técnicas para evaluar los niveles de adaptabilidad (que en la actualidad se verifican como un problema más para otras investigaciones) [91-93], en fin, un sin número de elementos (algunos de ellos sólo teorizados) que a fuerza de los desarrollos particulares se han mantenido en el ámbito de soluciones específicas, y que de ser válidos bien pueden ponerse al servicio de nuevos sistemas.

Por todo lo descrito, es posible afirmar que los modelos de estudiante son elementos de un alto nivel de complejidad, que al ser incluidos dentro de un sistema adaptativo de aprendizaje multiplican su funcionalidad (y con ello incrementan tal complejidad) ya que se abre el espacio a la aplicación de diferentes teorías, técnicas, modelos y elementos que han sido paulatinamente desarrollados de forma aislada. Esta situación promovió la necesidad de abstraer todos estos elementos en un modelo holístico para contrarrestar tal complejidad, por medio de la definición de un marco de referencia.

Es importante destacar que es cotidiano verificar en distintas fuentes que "el proceso de modelado de estudiante es el que permite abastecer a los elementos de su información", pero este concepto debe corregirse teniendo en cuenta que el modelado de estudiante es un proceso que debe comenzar desde la misma toma de decisión respecto al tipo de sistema de aprendizaje que se implementará. Obsérvese que es necesario establecer un procedimiento formal en el que se especifiquen los criterios y contexto que respalden la creación, definición de elementos y formas de poblar tales elementos para que desde allí se considere establecido el modelo de estudiante y ahí si se proceda a poblarlo en la ejecución del sistema de aprendizaje.

Modelos de soporte al diseño instruccional, como el de Dick y Carey, Gagné, Kemp y Bloom hacen reconocimiento explícito de la necesidad de identificar las características del estudiante al interior del proceso, lo que conlleva a la posibilidad de vincular el modelado de estudiante (entendido desde la creación del modelo) al proceso instruccional, siendo pertinente y necesario.

La inclusión de un modelo de tutor (como lo propone el proyecto SUMA), aunque a primera vista parece discordante en el sentido que las adaptaciones se surten a partir del modelo de estudiante, podría resultar interesante dados los siguientes puntos de reflexión: 1) la dinamización del diseño instruccional hace que se asuman nuevas

posturas pedagógicas y por consiguiente nuevas oportunidades didácticas, como el esquema de aprendizaje entre pares o aprendizaje por descubrimiento de manera que el tutor como orientador o acompañante puede hacerse parte del proceso formativo; 2) el diseño instruccional vincula los roles de diseñador, desarrollador, facilitador y estudiante, y en tal sentido puede resultar adecuado caracterizar al tutor al operar en alguno de tales roles.

Capítulo 3

3. Caracterización de elementos y proceso de modelado de estudiante

Este capítulo describe los procedimientos cumplidos a fin de identificar, caracterizar y poblar los elementos de un modelo integral de estudiante.

Respecto a la caracterización de elementos para constituir los modelos de estudiante, en primera instancia se presenta el marco metodológico aplicado para tal fin, seguido por su aplicación, en la que se inspeccionan fuentes de información primarias como las teorías, aproximaciones, estándares y ontologías, para luego proceder a obtener de cada una los elementos constitutivos del modelo de estudiante. Posteriormente se procede a realizar un mapeo de elementos entre cada una de tales fuentes detectadas, para finalizar con una relación general de elementos.

A medida que se avanza en la identificación de elementos que componen el modelo de estudiante, se hace notoria la diversidad de términos y nivel de granularidad, razón por la cual resultan importantes los procesos de mapeo de elementos, con los que fundamentalmente se reducen ambigüedades y unifican términos semánticamente.

En segunda instancia se realiza la identificación y caracterización de los procesos de provisión de datos a los elementos definidos, conocidos como "Modelado de Estudiante".

3.1 Caracterización de elementos del modelo de estudiante

Tomando en consideración la extensión del documento descriptor del proceso de caracterización de los elementos para el modelo de estudiante (justamente por las precisiones que ofrece), se invita al lector a seguirlo en el Anexo C y posteriormente retomar esta línea del documento.

3.1.1 Resumen del proceso de caracterización de elementos

3.1.1.1 Metodología

El estudio fue guiado por la metodología de "Investigación Documental" [9], con las siguientes características:

- Investigación de tipo exploratorio sobre: especificaciones teóricas, aproximaciones, estándares y definiciones ontológicas
- Análisis estructurado de la información recolectada en cada fuente
- Identificación de aportes desde cada fuente
- Mapeo de términos

3.1.1.2 Análisis sobre el constructo

La información contenida en la Tabla 1.10 del Anexo C, resultante del mapeo de elementos respecto a los distintos objetos de estudio (conceptos teóricos, aproximaciones, estándares y ontologías), permite evidenciar lo siguiente:

- La información personal del estudiante es considerada en cada uno de los objetos de estudio, la diferencia radica en los niveles de descripción que se pueden alcanzar por la variación en la cantidad de elementos incluidos en cada objeto de estudio. Se destaca que desde la perspectiva teórica se define la vinculación de la "valoración del usuario", lo que podría ser abstraído a nivel de los otros estudios como un agregado de estados de distintos elementos
- Existe claridad en cuanto a que los Modelos de Estudiante requieren precisar el Nivel de Conocimiento, no obstante es notorio que los estándares no

cuentan con elementos para tal fin. Son diversos los elementos que la teoría define para integrar esta categoría, al respecto, las otras fuentes de información de manera somera tratan el Nivel de Conocimiento

- De las categorías definidas a partir de la teoría, la que resulta teniendo más sub-categorías/ elementos es la de Sistema, para la que se observa que ni los estándares ni las ontologías tienen elementos que se correspondan con muchos de los considerados por las aproximaciones, y de manera adicional, hay algunos elementos considerados por estándares y ontologías que no fueron observados a nivel de la teoría y aproximaciones
- La categoría de objetivos y perspectivas resulta siendo la que mayor correspondencia de elementos tiene por parte de los objetos de estudio, restando tan solo a las ontologías elementos para representar la información de intereses e intenciones
- Inicialmente los aportes teóricos resaltaban la existencia de una categoría de Características Psicopedagógicas, pero teniendo en cuenta el aporte de las aproximaciones, resulta valioso redefinirla como "Características Psicopedagógicas y Físicas", de forma que permita registrar la información referente a la presencia (o ausencia) de elementos clave de los perfiles psicológico- cognitivo, pedagógico- metodológico y físico- motor. Es notorio que esta categoría no cuenta con una adecuada cobertura por parte de las definiciones ontológicas
- La categoría de Entorno del Estudiante (contexto del estudiante) no es cubierta ni por estándares ni por ontologías
- La categoría de Trabajo Grupal es considerada en todos los objetos de estudio, no obstante el elemento de habilidades sociales no es cubierto ni por estándares ni por ontologías

La integración de las categorías y elementos obtenidos en el presente estudio, permite generar para el modelo integral de estudiante una clasificación como la dispuesta en la figura 1.3 del Anexo C.

3.1.1.3 Conclusiones

El área de estudio está claramente definida en los sistemas adaptativos de aprendizaje, pero al cumplir con el proceso de identificación de aproximaciones,

resulta innegable el amplio vínculo con sistemas recomendadores, servicios web educativos, sistemas de entrenamiento, sistemas personalizados, entre otros, que potencialmente aportan en la identificación de los elementos del Modelo de Estudiante.

Es destacable la diferencia con que las aproximaciones caracterizan los elementos del estudiante, la cual radica en el nivel de granularidad (detalle), de forma que lo que para una aproximación resulta siendo una categoría, para otras tal vez son elementos individuales. Amplias diferencias en los niveles de granularidad proveen una alta complejidad al análisis y dificultad al momento de caracterizar al estudiante.

De manera general, las aproximaciones han sido desarrolladas como soluciones a la medida, de modo que el no uso de estándares reduce la posibilidad de integración a nuevos entornos. Como consecuencia directa de la ausencia de estándares o definiciones formales en las aproximaciones, se tiene el alto nivel de acoplamiento de los modelos de estudiante a sus respectivos sistemas, lo que deriva problemas subsecuentes como la imposibilidad de hacerles interoperables, generando carga extra al personal desarrollador al intentar migrar o integrar la información. Este hecho da el sustento a la conclusión referente al elevado costo del desarrollo sistemas adaptativos de aprendizaje.

Para las aproximaciones, estándares y ontologías, el elemento de mayor caracterización corresponde sin duda a la información personal del participante, el cual es recurso esencial para pretender que el sistema sea adaptable⁵ antes que adaptativo; mientras más se pretenda el carácter adaptativo en el sistema, toman mayor relevancia características como las preferencias (entorno, sistema, instruccionales), emociones, destrezas, competencias, entre otras, lo que directamente hace más complejo al modelo de estudiante.

El uso del nivel de conocimiento del estudiante como elemento de adaptación resulta clave y natural para pretender una adecuada personalización, sin embargo su inclusión en el modelo de estudiante incrementa los niveles de acoplamiento, debido

⁵ En el área de estudio, un sistema adaptable es aquel al que se le pueden ajustar los parámetros según el perfil del estudiante; mientras que el sistema adaptativo implica el cambio de su comportamiento dependiendo del comportamiento del usuario, por medio de un "ajuste" automático en tiempo de ejecución.

a que de forma general este elemento es implementado como una valoración directamente dependiente del dominio de conocimiento del propio sistema.

3.1.1.4 Discusión

Es necesario que las organizaciones de estandarización retomen los grupos de estudio fundamentados en el modelado del estudiante, debido a que es evidente que las definiciones de sus especificaciones cuentan en ciertos casos con más de diez años desde su expedición, a fin de integrar los diversos aportes y avances de las aproximaciones en un nivel formal.

La producción de ontologías es un trabajo arduo, no solo por la precisión de los conceptos y relaciones que se requiere establecer, sino por el recorrido de diseño, uso, aplicación y aprobación que deben cumplir. Esta es tentativamente una de las razones por las cuales las especificaciones ontológicas para el campo de modelos de estudiante son reducidas, a pesar de la amplia gama de sistemas/ aplicaciones que requieren de un lenguaje común para caracterizar a sus participantes. El estudio ha develado una relación interesante entre las definiciones ontológicas FOAF, User Model y SIOC: se complementan para el tratamiento de información de sistemas web particularmente. De esta manera se considera abierto el espacio para que nuevas representaciones ontológicas sean promovidas a fin que puedan modelar con mayor completitud al estudiante, lo que sería un recurso valioso para los sistemas adaptativos de aprendizaje.

Desde una perspectiva crítica, los resultados apreciados en la Tabla 1.10 del Anexo C pueden dividirse en dos segmentos, de un lado la definición "informal" de los elementos (y categorías) que deben considerarse en un modelo de estudiante, aportados desde la experiencia de diversos autores y de aproximaciones particulares; y por el otro lado la definición "formal" desde la perspectiva de los estándares y ontologías. Es claro que no hay una correspondencia recíproca entre elementos, de hecho el terreno formal cuenta con menos elementos de los integrados por el informal. Esta situación abre una brecha en el área, la cual el autor considera que puede reducirse por medio del desarrollo de un marco de referencia para guiar el desarrollo de los modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje, con el que sea posible: (1) Identificar los elementos esenciales para el

modelo de estudiante y dotarlos de un significado homogéneo que reduzca la ambigüedad o redefinición entre diversas implementaciones, (2) Identificar y contextualizar el proceso de modelado, ya que en éste se constituye y mantiene el modelo de estudiante, (3) reducir los niveles de acoplamiento existentes entre los modelos de estudiante y los sistemas que los contienen.

3.2 Caracterización del proceso de modelado de estudiante

El estudio en este apartado se orientó hacia el establecimiento de las características del proceso de modelado de estudiante. Para tal propósito el desarrollo metodológico estuvo guiado por una revisión documental a partir de la cual es posible definir los siguientes apartados.

3.2.1 Modelado de estudiante

Para entender el proceso de modelado de estudiante, se hace necesario tener claridad respecto a los modelos de estudiante, que han sido tratados en la sección 2.1.3. Brevemente, un modelo de estudiante desde el punto de vista operacional, es el módulo de los sistemas de aprendizaje que se encarga de adquirir del entorno y proveer a los otros módulos, la información característica del estudiante, que resulta fundamental para que el sistema pueda desarrollar su funcionalidad, centrada en este actor principal [56, 94-95]. Si se hace referencia a los Sistemas Adaptativos de Aprendizaje, entonces el modelo de estudiante es pieza fundamental para que el sistema provea su funcionalidad adaptativa [52, 95], ya que "mientras mayor sea la caracterización que se tiene del usuario, mayor será la posibilidad con que el sistema cuenta para poder personalizarse a sus requerimientos particulares".

El proceso de generación de modelos de estudiante se denomina "Modelado de Estudiante" [35, 95], es decir, el modelado de estudiante permite obtener la representación del usuario para el sistema de aprendizaje. Autores como Moreno [96] especifican que construir un modelo de estudiante implica delimitar "quién está siendo modelado, cuál es la historia del estudiante, cuáles son las metas, planes,

aptitudes, capacidades, conocimiento y creencias del estudiante, el cómo se adquiere y se mantiene el modelo y finalmente, cómo se brindará realimentación al estudiante". Desde luego, lograr estas especificaciones permite reflexionar acerca del proceso de "diseño del modelo de estudiante", sin embargo el mismo autor expone que "el modelado del estudiante ocurre en tiempo de ejecución cuando al sistema se le proporcionan datos acerca del estudiante; es entonces cuando el modelo del estudiante es creado", afirmación que resulta cuestionable.

Según los fundamentos del área, modelar al estudiante implica fundamentalmente dos actividades secuenciales: Inicializar y Actualizar el modelo.

La inicialización del modelo de estudiante es la actividad de partida de la integración del modelo al sistema de aprendizaje, de modo que se hace necesario obtener por primera vez la información (inicializar) para cada uno de sus elementos constituyentes [57, 68, 97]. Se entiende que el modelo de estudiante requiere ser caracterizado según cada estudiante, por tanto se recurre a diferentes instrumentos/ actividades. De la información aquí caracterizada dependerá el inicio del proceso adaptativo del sistema. Dado que al momento de asignar un estado inicial del modelo de estudiante, generalmente se cuenta tan solo con la información que se le solicita explícitamente, entonces se hace necesario generar un conjunto de valores iniciales, que serán modificados conforme el sistema vaya interactuando y aprendiendo más sobre el usuario [57, 97].

La actualización del modelo de estudiante, conlleva las acciones tendientes a mantener la vigencia del modelo, respecto a alcanzar la mayor fidelidad posible en la representación del estado actual del estudiante, en correspondencia con las dimensiones de inspección definidas para el estudiante, sus ganancias cognitivas y su interacción con el sistema de aprendizaje. Se considera que una especialización del proceso de actualización es el diagnóstico, en el que la inferencia no se supedita a establecer un valor o cualidad de un elemento, sino a describir el estado del estudiante respecto a los elementos modelados, lo que abre el espacio para tipificar el modelado de estudiante como enumerativo o generativo [95]. El proceso de actualización conlleva dos sub-procesos fundamentales: Recolección y Análisis de la información, estando éste último íntimamente ligado con el diagnóstico.

Fundamentalmente, el proceso de modelado de estudiante, permite constituir un cúmulo de creencias respecto al estudiante, las cuáles son establecidas en un proceso de inferencia empleando técnicas específicas sobre evidencias que paulatinamente se generan de la relación usuario- sistema- entorno- usuario (intencionalmente el usuario se repite en esta relación para resaltar su papel protagónico en el sistema que se refleja en las relaciones con otros agentes y elementos, e incluso consigo mismo, ya que procesos de auto- gestión y reflexión son fundamentales en el ciclo de aprendizaje).

Dado que los modelos de estudiante pueden tipificarse como [57, 95-96, 98]: Estáticos o Dinámicos, Dependientes o Independientes del Dominio, Abiertos o Cerrados, Explícitos o Implícitos, el proceso de modelado puede tener variaciones propias de la funcionalidad del modelo. Particularmente, los modelos de estudiante estáticos centrarán el proceso en la fase de inicialización, con la que pretenden fundamentar las características base de adaptación para el sistema, en contraposición a los modelos dinámicos, en los que el modelado tiene mayor implicación en los procesos de interacción de los usuarios con el sistema. Los modelos dependientes del dominio de conocimiento pretenden caracterizar al estudiante en cada tiempo de interacción con el sistema, fijando altos esfuerzos en el establecimiento de los niveles cognitivos del estudiante previos a la interacción con el sistema y la determinación de sus ganancias cognitivas en el uso del mismo; este tipo de modelos destacan los procesos de diagnóstico, a partir de los que sea posible predecir o explicar los cambios de nivel en el estudiante. A su vez, los modelos independientes del dominio toman una vista multidimensional del estudiante (no necesariamente ligada al dominio de conocimiento), lo cual puede considerarse adecuado cuando el centro del proceso de modelado es el propio estudiante, como persona y no como actor frente a un proceso de construcción cognitiva; en este caso el proceso de modelado resulta más complejo, teniendo en cuenta la diversidad de técnicas a emplear para caracterizar los elementos del modelo. Los modelos de estudiante abiertos se fundamentan en la posibilidad de vincular múltiples fuentes de provisión de información para caracterizarlos y a su vez para darla a conocer, por esta razón los conceptos fundamentales de los modelos abiertos son la "accesibilidad" y la "externalización" que inciden en el proceso de modelado ya que se hace necesario definir reglas de priorización y ponderación de las caracterizaciones brindadas por las distintas fuentes de información, para garantizar

el control del modelo, hecho que resulta de menor tratamiento por parte de los modelos de estudiante cerrados, donde están prefijadas las fuentes y métodos de obtención de la información. Entre tanto, el proceso de modelado explícito para un modelo de estudiante, fundamenta su operación en la caracterización de la información directamente recopilada e inferida respecto al usuario en las fases de inicialización y actualización; de manera diferente, los modelos de estudiante implícitos conllevan la caracterización con base en observaciones del comportamiento del usuario, que los diseñadores del sistema han establecido.

3.2.2 Contexto del modelado de estudiante

El proceso de modelado de estudiante ha sido definido en distintas instancias, desde las puramente teóricas hasta las dependientes de sistemas implementados para propósitos específicos.

El modelado de estudiante es visto por [57] como un proceso de diagnóstico cognitivo, apoyado en conceptos de Vanlehn [99] y Self [96] principalmente. La razón para estimarlo de esta manera obedece a la concepción del modelo de estudiante centrado en la representación del nivel de conocimiento, por tanto el proceso de modelado consiste en deducir el estado de tal estudiante frente al conocimiento a adquirir. Sin embargo como se ha tratado previamente, en la actualidad los modelos de estudiante siguen destacando la relevancia de la representación del nivel de conocimiento del estudiante, pero abriendo campo a otras dimensiones representativas de este usuario.

La información que constituye al modelo de estudiante se acumula en unidades denominadas "creencias" que representan aspectos específicos que han sido caracterizados para este usuario. Existen dos tipos de creencias: las creencias básicas son las que se crean de acuerdo al comportamiento del estudiante, mientras que las creencias derivadas se infieren a partir de las anteriores [57].

El modelado de estudiante como proceso se cimienta en la necesidad de conocer de mejor manera al estudiante, a fin que su información sirva para los propósitos específicos del sistema que lo contiene; para el caso de esta investigación nos asisten los sistemas adaptativos de aprendizaje. Este hecho tiene correspondencia

con el modelado de usuario para cualquier tipo de sistema de información. Cuando el rol de usuario se especializa, se da apertura a la identificación de un cúmulo de características relevantes que ameritan ser tenidas en cuenta para optimizar el desempeño del sistema. En tal sentido, el rol de usuario en los sistemas de aprendizaje ubica al estudiante en un papel protagónico, para quien el avance en los terrenos de la pedagogía, la psicología y las ciencias de la información y las comunicaciones, definen la necesidad de caracterizarle desde distintas perspectivas. Ahora bien, la información caracterizada es puesta a disposición de la funcionalidad del sistema y en tal propósito, se ha determinado que la función adaptativa se abastece directamente del modelo de estudiante, conllevando una relación proporcional entre la precisión de la información caracterizada para el modelo de estudiante y la eficiencia lograda al adaptar el sistema a su usuario. Tal como es definido en [20] el modelado de estudiante para sistemas adaptativos de aprendizaje permite surtir las siguientes dimensiones: (1) Adaptación de procesos, (2) Adaptación del espacio de conocimiento, (3) Adaptación de los materiales educativos y (4) Adaptación de las estrategias adaptativas.

En los distintos escenarios en que un modelo de estudiante es fundamental, el proceso de modelado igualmente cobra relevancia, siendo aplicable cuando "el individuo no está familiarizado con los detalles necesarios para una actividad y requiere ser guiado", o de una forma más simple, para reducir el tiempo y complejidad de la interacción con el sistema [100].

Allen en su referencia clásica [100] destaca la taxonomía de Rich que describe la funcionalidad de los modelos de usuario en tres dimensiones básicas, a saber: (1) la dimensión de corto o largo término para definir la "utilidad" de la información del estudiante obtenida y almacenada en función del tiempo, (2) la dimensión explícito/ implícito para definir la conformación del modelo ya sea por información directa del usuario o por el comportamiento observado respecto al sistema, (3) la dimensión individual/ grupal para definir si a cada estudiante le es diseñado un modelo a la medida o se emplea un modelo base para todos. Adicionalmente se destacan otras dimensiones como: el tipo de representación empleada para el modelo, el estilo o tono de la interacción del usuario o el tipo de información modelada. Estas dimensiones se complementan con las tareas que Ragnemalm [70] definió en 1995 para los modelos de estudiante como: (1) planeamiento de la secuencia de

instrucción, (2) remediación de errores conceptuales, (3) generación de realimentación y (4) explicación de errores cometidos por el estudiante.

Respecto a las consideraciones para el diseño y construcción de modelos de estudiante, se hace necesario tomar en cuenta [76, 80]: (1) qué se va a modelar, (2) cómo se verá modelado, (3) cómo se inicializarán los elementos y (4) cómo se actualizarán los elementos. Por lo que se refieren aspectos como:

- Definir las características relevantes de cada estudiante en el proceso enseñanza- aprendizaje para el sistema adaptativo y el tipo de usuarios que se modelan, ya sean usuarios estándares (generalmente por estereotipos) o modelos con mayor individualización
- Una correcta definición de los elementos a incluir en el perfil del estudiante
- Ajuste dinámico del modelo de estudiante según la viabilidad teórica y técnica
- Métodos para poblar el modelado
- Vigencia de la información caracterizada (modelos de corto o largo término)
- Métodos para actualizar el modelo (modelos estáticos o dinámicos)

3.2.3 Métodos para el modelado de estudiante

Los métodos de modelado de estudiante permiten identificar maneras en que la información es recolectada y definida, para reflejar el estado actual del propio estudiante. La siguiente tabla (a partir de [95, 101-102]) muestra la identificación de los métodos más destacados que no pueden rigurosamente relacionarse con una actividad particular del proceso de modelado.

Método	Características/ propósito
Estereotipos	Permite caracterizar al estudiante según ciertos criterios comunes para un grupo, por medio de pares atributo- valor.
Modelamiento de cobertura	Medición del espacio de aprendizaje según el dominio de conocimiento para determinar cuánto ha avanzado el

	estudiante al respecto. Opera generalmente sobre modelos de estudiante representados por superposición.
Modelamiento de desempeño	Similar al modelado de cobertura, pero basado en la aplicación de tests.
Seguimiento del estado de la solución del problema	Se fundamenta en comparar las actuaciones del estudiante frente a un problema con respecto a las que un experto podría haber tomado.
Hallazgo de ruta	Incluye algoritmos para determinar las transiciones entre un estado y otro, que pueden emplearse para predecir acciones del estudiante.
Seguimiento de destrezas (Seguimiento de conocimiento)	Empleada para dominios de conocimiento procedimental, donde las destrezas son modeladas como reglas y las probabilidades representan el entendimiento de cada regla por parte del estudiante.
Razonamiento basado en casos	Almacena información referente al estudiante y de los casos de solución del problema. Compara la solución del caso con respecto a casos exitosamente resueltos y así predecir acciones.
Control del espacio de exploración	Proceso auto-dirigido de exploración del espacio de aprendizaje para desarrollar destrezas con una adecuada cantidad de carga cognitiva y adquirir conceptos del dominio de conocimiento.
Razonamiento basado en rasgos cognitivos	Infiere basado en la capacidad de memoria, habilidad de razonamiento inductivo y aprendizaje asociativo divergente.
Modelo de crecimiento del estudiante (Student growth model)	Método para conectar los resultados (puntuaciones) del estudiante respecto al tiempo. Empleado en modelos de proficiencia, tablas de transición, y modelos proyectivos

Tabla 3.1. Relación de métodos destacados para el modelado de estudiante.

3.2.4 Técnicas empleadas en el modelado de estudiante

En el proceso de modelado de estudiante es innegable la relación entre métodos y técnicas a fin de caracterizar los elementos definidos, mas no existe dependencia.

La literatura respecto al modelado de estudiante especifica que no existen reglas generales que definan criterios para seleccionar una técnica para un problema específico [70], sin embargo se reconoce que en la aplicación particular, es notoria la eficacia de las técnicas empleadas. Se destaca la identificación de algunas características en este problema que influyen el tipo de técnica seleccionada: la disposición de información de entrada, el tipo de modelo a ser producido y la experticia tanto pedagógica como tecnológica. Algunas consideraciones para la selección de técnicas [80]:

- Las técnicas de actualización de modelos generalmente dependen del tipo de modelo tratado. Por ejemplo, los modelos individualizados (que se basan en el comportamiento de los usuarios) o los modelos a corto plazo, por lo general requieren actualizaciones dinámicas
- Si el modelo contiene información a corto término, entonces corresponderá a un modelo de tareas y el modelo cambia con el cumplimiento de cada tarea
- El modelo estático es el más básico de todos e incluye la representación estándar del estudiante
- Para modelar cada estudiante individualmente se requieren actualizaciones dinámicas junto con métodos explícitos que describan las dependencia de las acciones del sistema, con respecto al estado del modelo de estudiante
- El uso rutinario de técnicas explícitas, como los cuestionarios deriva en monotonía e insatisfacción del usuario al considerar que se está perdiendo tiempo valioso para la interacción con el sistema en tareas eminentemente formativas. De esta manera, la solicitud explícita de información debe reducirse al mínimo

Distintas áreas conexas a las ciencias computacionales y la Tecnología de la Información y las Comunicaciones han abastecido de técnicas que resultan útiles a fin de actualizar los modelos de estudiante de manera más precisa. A continuación la Tabla 3.2 muestra un compendio de las más destacadas. No es el propósito de este

estudio realizar una inspección exhaustiva de técnicas existentes para cada uno de los elementos que pueden ser caracterizados en un modelo de estudiante, sin embargo se considera que las técnicas aquí tratadas generalmente son las que abastecen a dichos modelos.

TÉCNICA	PROCESO	CARACTERÍSTICAS/ PROPÓSITO
Algoritmos de razonamiento [95]	Actualización	Inferir el alcance de creencias del estudiante. Predecir errores. Simular el entorno de aprendizaje.
Marcos [35]	Actualización	Empleados para representar el dominio o el usuario y a partir de ello navegar por la red de conceptos.
Redes bayesianas [35, 103]	Actualización	Usadas para modelar las relaciones entre las acciones del estudiante, su estado interno y las consecuencias derivadas. Permiten establecer la propagación de evidencias sobre acciones del estudiante.
Técnicas de planificación, Sistemas basados en reglas [35]	Actualización	Modelado del comportamiento pedagógico del sistema.
Preguntas explícitas [57], cuestionarios [95, 97], Test psicométricos [95]	Inicialización	Conjunto de preguntas directas que el sistema realiza al estudiante con el fin de obtener la información de partida.
Evidencias explícitas aportadas por el estudiante [57, 98]	Inicialización/ Actualización	Información que el estudiante brinda directamente al modelo.
Lógica difusa [70]	Actualización	Empleada para identificar rangos de interpretación en el comportamiento del estudiante.
Inferencias probabilísticas [70]	Actualización	Empleada para inferir la correspondencia con niveles característicos del estudiante.
Jerarquías de	Actualización	Empleada para establecer la distancia

conocimiento [70]		entre el conocimiento del estudiante y el dominio de conocimiento del sistema.
Modelo de seguimiento (Model Tracing) [70, 101]	Actualización	Esta técnica presume que las entradas obtenidas del estudiante reflejan diferentes pasos del razonamiento del estudiante o diferentes estados mentales en la solución de problemas; esta información es contrastada con un modelo cognitivo representado por reglas de transición de estados.
Inducción condicional [70]	Actualización	Al igual que el Modelo de seguimiento, asume que la entrada corresponde a secuencias de estados mentales, pero en lugar de buscar por una regla aplicable, genera reglas que explican la transición de estados mentales del estudiante, comparadas con el dominio de conocimiento.
Hallazgo de rutas (Path finding) [70]	Actualización	Identifica la ruta o secuencia de estados mentales que mejor explican las entradas respecto al estado final de conocimiento pretendido.
Reconocimiento de plan (Plan recognition) [70]	Actualización	Similar al hallazgo de rutas, pero requiere que el conocimiento sea procedimental y jerárquicamente organizado.
Trazado de temas (Issue tracing) [70]	Actualización	Esta técnica mapea estados intermedios como entradas respecto a temas instruccionales, a fin de hacer seguimiento al diseño pedagógico.
Sistemas expertos [70]	Actualización	Evalúa las inferencias del estudiante respecto a módulos expertos a fin de especificar la corrección de las reglas determinadas en el estudiante.
Árbol de decisión	Actualización	Usa reconocedores de errores

(Decision tree) [70]		predefinidos para determinar la corrección de las acciones del estudiante.
Generación y pruebas [70]	Actualización	Genera reconocedores para combinación de errores dinámicamente.
Diagnóstico interactivo [70]	Actualización	Dinámicamente adapta los ejercicios para reducir la complejidad del problema de identificar combinaciones de errores para explicar las respuestas de los estudiantes.
Machine learning, Técnicas de Inteligencia Artificial [104-105]	Actualización	Conjunto de algoritmos clasificados para inducir nuevo conocimiento o compilar conocimiento existente, de manera supervisada o no supervisada, operando a nivel de inferencias del comportamiento del estudiante.
Educational data mining [104-105]	Actualización	Conjunto de técnicas para explorar bases de datos de manera automática o semiautomática, para determinar patrones que describan el comportamiento del estudiante frente al sistema.
Análisis de factores de desempeño [101]	Actualización	Analiza el desempeño y acciones del estudiante para estimar atributos como el conocimiento, objetivos, preferencias, estado motivacional entre otros.

Tabla 3.2. Relación de técnicas destacadas para el modelado de estudiante.

3.2.5 Retos en el proceso de modelado de estudiante

En la actualidad, el modelado de estudiante es percibido como un tema tan amplio que permanece abierto a distintos aportes y que tiene mucho camino por recorrer, justamente este es el aliciente de la presente investigación que da cuenta de ello. Dentro de los temas por solucionar, abstraídos a partir de [70, 106] se encuentran:

- Las técnicas de adquisición de datos estiman mayor precisión, confiabilidad y nivel de detalle para la información implícita en acciones como clicks del mouse, sonidos y entonación, trazas visuales, lecturas a partir de sensores, entre otras
- El diagnóstico de características del estudiante a partir de la inferencia sobre la información captada en las técnicas de entrada de datos
- El grado de certeza en la interpretación de las características del estudiante, particularmente en las creencias relacionadas con sus niveles de conocimiento y la derivada inferencia respecto a temas por cumplir, porcentajes de avance, dominios temáticos, competencias adquiridas, errores conceptuales o errores por distracción, entre otros
- Es claro el problema de reusabilidad o integración de modelos de estudiante, obviamente intentar migrar un modelo de estudiante específico a otro sistema enmarcará también una dificultad en el proceso de modelado. Aunque se han propuesto soluciones de servidores para el propósito específico de modelado de estudiante [5, 107-109], esto no supera plenamente el citado problema
- Los reconocidos modelos de estudiante abiertos requieren tratar con mayor cuidado el control de la información almacenada y actualizada [110]
- Es necesario ligar el proceso de modelado con el proceso de diseño pedagógico y didáctico de los cursos propios del sistema adaptativo de aprendizaje
- Es necesario clarificar y desligar las actividades propias de la fase de actualización del modelo de estudiante respecto a las actividades y lógica del proceso adaptativo del sistema de aprendizaje
- El desarrollo tecnológico que se ha tenido por cuenta del uso de técnicas invasivas para caracterizar al estudiante promueve un espacio de verificación de la consistencia y pertinencia en su uso para los fines adaptativos de los sistemas de aprendizaje
- Las múltiples vertientes en que se han abierto los sistemas de aprendizaje hacen que la función adaptativa se use en diversos entornos y por tanto el proceso de modelado de estudiante asuma mayor complejidad, como es el caso de los sistemas tutoriales inteligentes, sistemas recomendadores,

sistemas de gestión de aprendizaje y obviamente los sistemas adaptativos de aprendizaje propiamente dichos

3.2.6 Conclusiones

A pesar que existe claridad en los puntos de partida y de llegada en el modelado de estudiante, existen muchos vacíos respecto al proceso de desarrollo, que ha sido llenado por actividades no formales, desarrolladas por los diseñadores de los sistemas adaptativos de aprendizaje. Este hecho impone la necesidad de generar propuestas que estructuren y brinden organización a tal proceso de elaboración de modelos de estudiante.

Dentro de la tipificación de los modelos de estudiante se encuentran los modelos de estudiante abiertos, que entre otras características, destacan la pertinencia en que el mismo estudiante pueda observar y gestionar la información que sobre él se caracteriza, llegando incluso a sobrescribir o refutar evidencias generadas por el sistema para su modelo de estudiante, sin embargo queda en entredicho la precisión y fidelidad de la representación del modelo, lo que conduce a la inestabilidad del control de la información, poniendo en una situación álgida el proceso adaptativo para el sistema.

Es cotidiano que la literatura del área defina que el proceso de modelado de estudiantes consiste de las fases de inicialización y actualización para alimentar el modelo, sin embargo, este estudio lo contradice y expone la apremiante necesidad de ampliar el alcance de este proceso, incluyendo un fase previa de contextualización del modelo, en la que se estime la necesidad real de lo que se quiere modelar en consonancia directa con las pretensiones pedagógicas, didácticas y adaptativas para el sistema, lo que conlleva a empoderar más al tutor (diseñador o desarrollador instruccional) como guía del proceso formativo y a lograr una correspondencia formal del conjunto de características a modelar en el estudiante con respecto a necesidades específicas.

Históricamente el gran peso que los sistemas adaptativos de aprendizaje han conferido a los modelos de estudiante ha estado ligado a representar la información referente al nivel de conocimiento de cada uno, pero los avances en las teorías

pedagógicas y psicológicas hacen necesario observar al estudiante desde sus distintas dimensiones personales, dando por hecho que todas ellas contribuyen a potenciar su eficiencia respecto al proceso formativo que cursa frente al sistema. Este hecho genera la imperiosa necesidad de contar con un modelo de estudiante integral que sea provisto a partir de categorías y elementos bien definidos y que puedan corresponderse con una guía de definición y aplicación en el proceso de modelado. Así pues, un marco de referencia para guiar la elaboración de modelos de estudiante es un recurso valioso y necesario.

Capítulo 4

4. Marco de Referencia para Elaborar Modelos de Estudiante

Este capítulo describe el Marco de Referencia objeto de la investigación. Está integrado por los hallazgos y propuestas realizados en virtud del proceso investigativo cumplido; su estructura está basada en términos de los reportes que dan cuenta de los productos desarrollados y que integrados, corresponden con el propósito establecido.

4.1 Introducción

Los sistemas de aprendizaje del tipo adaptativo han alcanzado su relevancia promovidos por tres factores que se han tejido, a saber: (1) la reflexión y migración hacia esquemas pedagógicos de atención y centrados en el estudiante, (2) el empoderamiento de los estudiantes respecto a su proceso formativo y sus capacidades de autogestión y (3) el avance tecnológico que posibilita la personalización de sistemas de aprendizaje. Así pues, la personalización se constituye en un aspecto deseable por cualquier sistema de aprendizaje y en respuesta a ello, se han desarrollado múltiples soluciones para propósitos puntuales, lo que ha producido un efecto de diversidad y complejidad, principalmente en lo relacionado con los elementos característicos del estudiante, que son base esencial del proceso adaptativo. Esta complejidad a su vez hace que se produzcan reflexiones sobre la completitud, corrección y eficiencia de los modelos de estudiante en tales soluciones y también que no exista una definición clara que guíe una adecuada construcción del modelo de estudiante para nuevos desarrollos.

Por lo anterior, esta investigación promueve un aporte en tal sentido por medio de la definición de un marco de referencia para guiar la elaboración de modelos de estudiante para sistemas adaptativos de aprendizaje.

4.2 Alcance

El marco de referencia ha sido definido con el objetivo de brindar asistencia al personal de diseño e implementación de los modelos de estudiante para sistemas de aprendizaje que empleen funciones adaptativas. Dicha asistencia consiste en la disposición de un proceso de modelado bien definido conceptualmente, con instrumentos para sintetizar actividades y obtención del modelo de estudiante, junto a las técnicas necesarias para su caracterización que guíen en la definición y diseño de un modelo de estudiante ajustado a las necesidades adaptativas particulares del sistema, vinculando para tal fin:

- Una taxonomía del modelo integral de estudiante con categorías, sub-categorías y elementos
- Un diccionario de contextualización del modelo integral de estudiante
- Un proceso de modelado que cubre las etapas de (1) Definición del contexto y elementos que integrarán el modelo de estudiante, (2) Inicialización del modelo y (3) Actualización del modelo
- Un conjunto de guías de recomendación para obtener los elementos del modelo integral de estudiante y técnicas para abastecerlos
- Un sistema de aplicación de las guías de recomendación

El marco de referencia para la elaboración de modelos de estudiante en sistemas de aprendizaje de tipo adaptativo es una estructura conceptual que pretende: (1) apoyar al equipo de diseñadores de sistemas de aprendizaje, particularmente en los procesos de diseño e implementación del modelo de estudiante, (2) integrar los conceptos, experiencias, mejores prácticas y perspectivas que de manera holística tienen injerencia en la conformación del modelo de estudiante, (3) proveer

organización, contexto y semántica al conjunto de elementos que son considerados y efectivamente son la base para promover funciones adaptativas en los sistemas de aprendizaje, (4) identificar el conjunto de métodos y técnicas que permiten obtener la información para los elementos del modelo de estudiante, (5) identificar los tipos de adaptación que pueden ser alcanzados en un sistema de aprendizaje y (6) dotar de orden, precisión y formalismo al proceso de elaboración del modelo de estudiante.

La inclusión del modelo integral propuesto se deriva de un amplio estudio relacionado con las características con las que se constituyen los modelos de estudiante a partir de la inspección de diversas fuentes (proceso tratado en el capítulo previo) y que por medio del mapeo de términos permitió reducir la ambigüedad y generar una propuesta holística. No obstante, a pesar de la rigurosidad y extensión del estudio, se resalta la posibilidad que ciertas características deseables por ciertos diseñadores no fuesen incluidas de manera explícita.

A su vez, el avance investigativo permitió determinar un vacío en el proceso de modelado habitual, teniendo en cuenta que éste se restringe a las etapas de inicialización y actualización del modelo de estudiante, y en tal sentido se desconoce una importante etapa en la que se defina el contexto sobre el que se plantea cada modelo, a partir del cual se sustenta la selección de elementos. Esto generó la necesidad de proponer una serie de actividades para dicha etapa.

Las guías de recomendación que integran este marco de referencia relacionan siete componentes básicos, a saber: (1) tipos de sistemas de aprendizaje VLE, (2) funcionalidades del VLE susceptibles al tratamiento adaptativo, (3) teorías de aprendizaje para el VLE, (4) taxonomía de elementos del modelo integral de estudiante, (5) tipos de adaptación, (6) etapas del proceso de modelado y (7) técnicas para abastecer los elementos. La relación de estos componentes permite brindar pautas de aplicación de lo propuesto. Adicionalmente, tomando en consideración la investigación progresiva sobre técnicas para la caracterización de estudiantes, se hace evidente la imposibilidad de integrar la totalidad de técnicas existentes, no obstante, se considera que las técnicas incluidas (que obedecen a una revisión exhaustiva) resultan representativas para los fines pretendidos con el marco de referencia.

Tal como se dará a conocer más adelante, este marco de referencia estima pertinente vincular el proceso de modelado de estudiante al proceso de diseño instruccional. En tal sentido, hace parte del ámbito del marco de referencia la definición de los siguientes roles respecto al modelado de estudiante:

- Diseñador: Rol destacado en el proceso porque será el encargado de identificar el contexto del modelo de estudiante (tipo de sistema de aprendizaje, estructura conceptual/ dominio de conocimientos/ competencias, diseño de actividades y estrategias de instrucción, caracterización de materiales, fuentes pedagógicas que sustentarán el proceso instruccional, tipos de adaptación requeridos para el sistema, objetivos y tipos de evaluación. En función de todo lo anterior, el diseñador definirá los elementos requeridos para el modelo de estudiante). Por todo lo anterior es necesario que este rol lo desempeñe un pedagogo y deseablemente que su labor sea acompañada/ asesorada por expertos de las ciencias cognitivas y conductuales
- Desarrollador: este rol debe poseer la suficiente experticia en la elaboración de materiales educativos y dominio sobre el sistema de aprendizaje, así mismo debe tener la capacidad para administrar cada uno de los módulos constitutivos del ALS, en particular el módulo de adaptación para la caracterización implícita y dinámica del modelo de estudiante, y para la activación de reglas para desplegar las funciones adaptativas
- Facilitador: rol al que se adscribe generalmente el tutor. En tiempo de ejecución del sistema el facilitador es quien pone en acción la labor didáctica del sistema de aprendizaje y media en el proceso con los estudiantes
- Estudiante: naturalmente es el actor principal del proceso de aprendizaje. En términos de los modelos de estudiante abiertos, tiene la responsabilidad compartida de contribuir con el mantenimiento del modelo que le representa

Finalmente, vale la pena destacar que el modelo de representación tecnológica del Modelo Integral de Estudiante- MIE (Base de Datos) es un artefacto necesario para ser vinculado al respectivo sistema VLE, de modo que se posibilite disponer físicamente del alojamiento a los datos que sean caracterizados en el modelo de estudiante. El modelo de estudiante obtenido a partir del marco de referencia será en todo caso un subconjunto del Modelo Integral de Estudiante propuesto, lo que garantiza que las condiciones de representación de la base de datos son suficientes

y adecuadas para generar la persistencia para cada una de las instancias en tiempo de ejecución del sistema de aprendizaje.

De esta manera, se presenta a continuación el Marco de Referencia propuesto.

4.3 Modelo Integral de Estudiante

La propuesta de Modelo Integral de Estudiante (MIE), asume su denominación de "Integral" debido a que se ha constituido recopilando diferentes elementos del modelo de estudiante, definidos en fuentes y denominaciones heterogéneas (Ver Anexo C. Proceso de caracterización de elementos), de forma que la integralidad es un principio a partir del cual se evidencia la reducción en la complejidad conexas a la definición y semántica particular de cada uno de los elementos incluidos.

A nivel estructural, el modelo de estudiante propuesto está compuesto por categorías, sub-categorías y finalmente elementos. Esto permite al lector realizar un recorrido ágil sobre el modelo. A su vez, éste se acompaña de un documento descriptor en el que se brindan los significados y contexto de cada una de las categorías, sub-categorías y elementos integrados (Anexo D).

La figura 4.1 permite identificar la taxonomía propuesta, destacando que a nivel visual no fue posible disponer todos los elementos, porque esto haría poco legible el modelo. En correspondencia, se presenta la clasificación en los niveles de categorías y sub-categorías, en tanto, las especificaciones de la estructura y los elementos pueden identificarse en el documento "Diccionario para la taxonomía MIE" del Anexo D. La taxonomía MIE recopila el conjunto integral de elementos considerados para conformar modelos de estudiante, organizados en seis categorías específicas: Aspectos didácticos, Características psicológicas y físicas, Información personal, Interacción con el sistema, Nivel de conocimiento y Trabajo grupal.

La descripción de los procesos de validación cumplidos, a fin de refinar la propuesta, son expuestos en la sección 5.1.

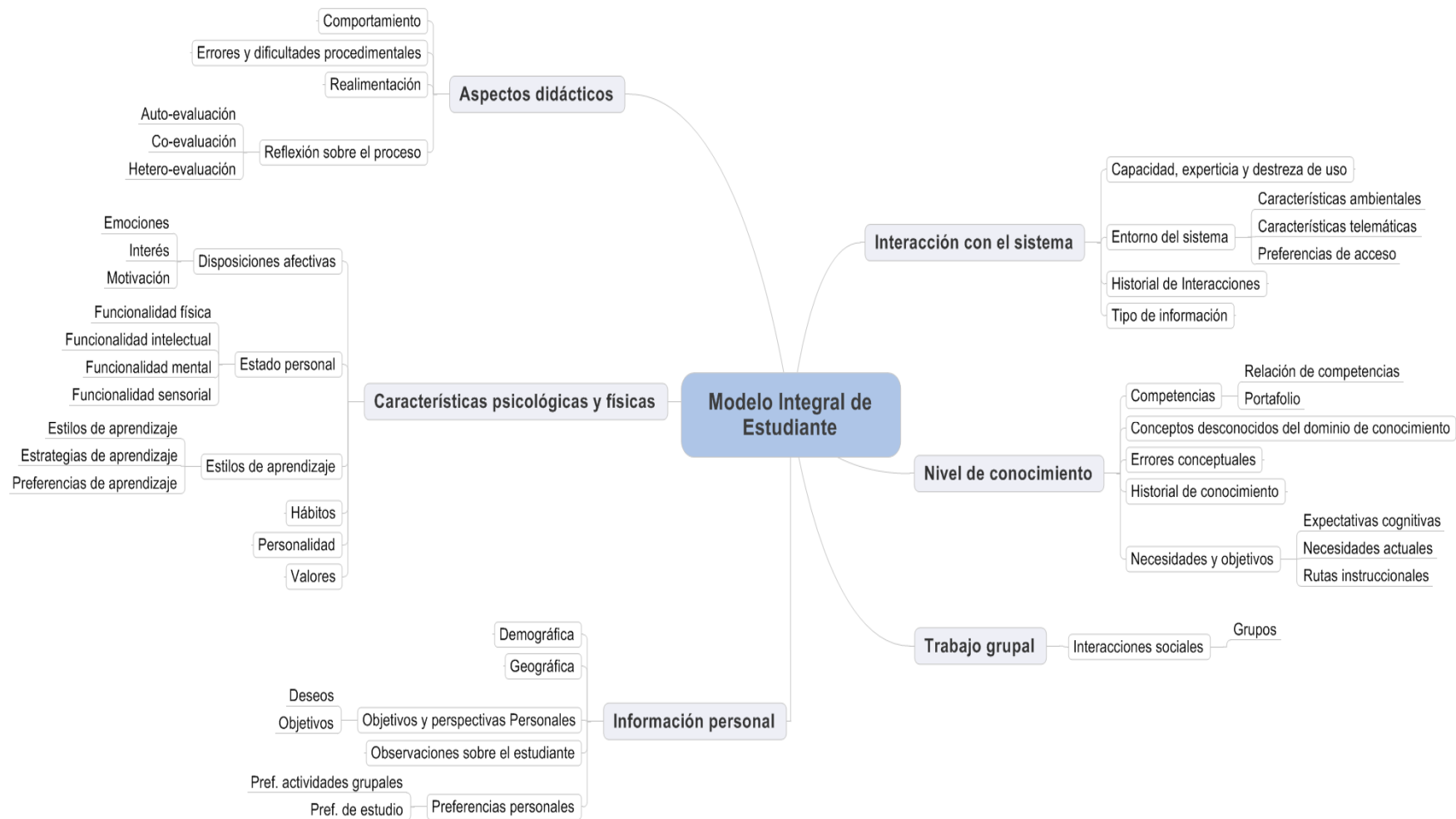


Figura 4.1. Taxonomía modelo integral de estudiante- MIE.

4.3.1 Metodología

El desarrollo investigativo en este apartado toma como base los resultados del proceso de Caracterización de elementos del modelo de estudiante, descrito en el capítulo previo. De manera que se definieron y aplicaron las siguientes actividades (Ver Figura 4.2):

- Generación inicial de la propuesta de elementos. El proceso de caracterización de elementos aportados por diferentes fuentes (teoría, aproximaciones, ontologías y estándares) permite obtener un conjunto de características a partir de las cuales el autor genera una taxonomía que vincula categorías, sub-categorías y elementos en una primera versión del Modelo Integral de Estudiante
- Generación del diccionario de elementos. La propuesta es complementada con la documentación del diccionario en el que se especifican las definiciones de los términos empleados tanto en los niveles de categorías, como sub-categorías y elementos. Esta actividad dota a los elementos de un único valor semántico, unificando las definiciones de fuentes de origen del estudio anterior (fundamentación teórica, aproximaciones, estándares y ontologías)

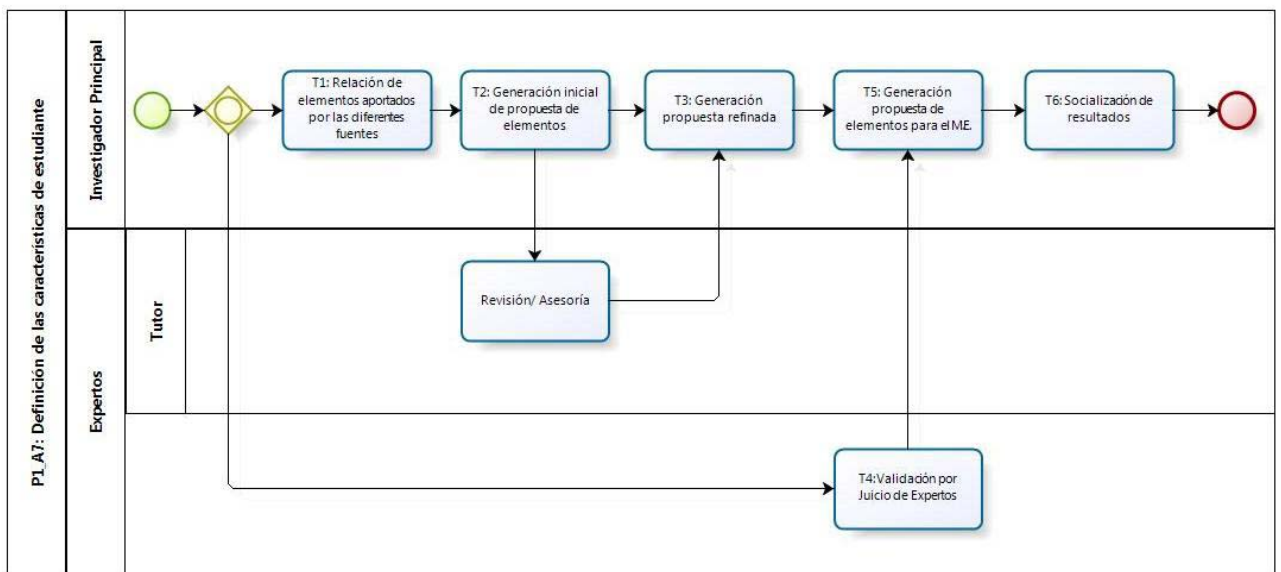


Figura 4.2. Proceso de generación del MIE.

4.3.2 Contexto de aplicación

La propuesta en consideración está enmarcada en un rango de aplicación guiado por el enfoque y tipos de adaptación, que a continuación serán abarcados:

4.3.2.1 Enfoque

El enfoque se extiende por la identificación de los tipos de sistemas para los cuáles la propuesta es aplicable y satisfactoria.

Vale la pena aclarar que técnicamente el MIE no cuenta con restricciones que lo sometan a un VLE particular, por cuanto resulta útil esta propuesta siempre que se pretenda dotar al sistema de aprendizaje con funciones adaptativas (las adecuaciones tecnológicas para tal fin exceden los alcances de esta investigación). Un sistema de aprendizaje dotado con funciones adaptativas podrá ser clasificado en uno de los enfoques aquí considerados (en correspondencia con [111]).

La figura 4.3 describe gráficamente el enfoque de aplicación de la propuesta MIE, que integra los siguientes tipos de sistemas de aprendizaje:

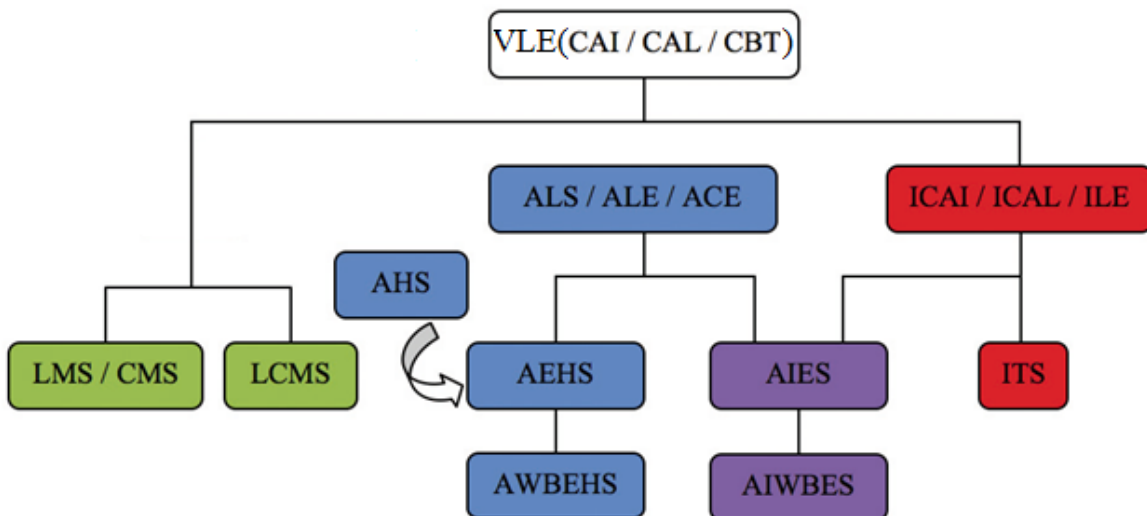


Figura 4.3. Taxonomía de enfoques en VLE. Adaptación a la propuesta. [111].

- Sistemas Adaptativos de Aprendizaje (Adaptive Learning Systems- ALS), con denominaciones relacionadas como Entornos Adaptativos de Aprendizaje (Adaptive Learning Environments- ALE) y Entornos Adaptativos de Material Formativo (Adaptive Courseware Enviroments- ACE); pretenden hacer de los sistemas de aprendizaje una experiencia personalizada al estudiante, que directamente impacte en la eficiencia de los objetivos formativos o

instruccionales pretendidos, empleando para tal fin técnicas adaptables y adaptativas. De los ALS hacen parte:

- Sistemas Hipermedia Educativos Adaptativos (Adaptive Educational Hypermedia Systems- AEHS), corresponde a ALS cuya estructura de presentación está basada en contenido hipermedia [37]
 - Sistemas Hipermedia Educativos Adaptativos basados en Web (Adaptive Web- Based Educational Hypermedia Systems- AWBEHS), son sistemas especializados de AEHS cuya ejecución y exploración se cumple sobre la infraestructura web [38]
- Instrucción Inteligente Asistida por Computador (Intelligent Computer Aided Instruction- ICAI), también denominado Aprendizaje Asistido por Computador de manera Inteligente (Intelligent Computer Aided Learning- ICAL) emula la interacción con el docente, haciendo que el sistema tome una connotación personalizada
 - Sistemas Tutoriales Inteligentes (Intelligent Tutoring Systems- ITS) son una especialización de los ICAI, que emulan la labor tutorial, de manera que el sistema pueda determinar la oportunidad en que toma injerencia en la asesoría al estudiante según los estados de ejecución y avance de actividad que él registre
- Sistemas Educativos Adaptativos e Inteligentes (Adaptive and Intelligent Educational Systems - AIES) interceptan funcionalidades entre los ALS (Presentación adaptativa, Navegación Adaptativa y Adaptación de Contenido de entornos como el web) e ICAI (Secuencias curriculares, Análisis inteligente de soluciones y Soporte a la solución de problemas), agregando funciones como evaluaciones adaptativas, soporte a la colaboración y diagnóstico permanente del estudiante. Todo AIES destaca en su estructura modelos como dominio, pedagógico, interfaz y estudiante, siendo este último el que efectivamente mostrará la capacidad adaptativa del sistema
 - Sistemas Educativos Adaptativos e Inteligentes basados en Web (Adaptive and Intelligent Web-Based Educational Systems- AIWBES) asumen las prestaciones de AIES, pero centran su despliegue fundamentalmente en los entornos web
- Sistemas de Gestión de Aprendizaje (Learning Management Systems- LMS) que en complemento con los Sistemas Administradores de Cursos (Course

Management System- CMS) y los Sistemas de Gestión de Contenidos de Aprendizaje (Learning Content Management System- LCMS), son sistemas VLE particularmente encaminados a la disposición de recursos tanto administrativos como de ejecución de actividades formativas

El carácter holístico del MIE y que hace explícita su estructura, permite establecer la cobertura para las siguientes dimensiones de modelos de estudiante: corto o largo término, explícitos e implícitos, y finalmente, individual, aunque puede extenderse a grupal caracterizando con mayor profundidad las relaciones de grupos. Adicionalmente y en correspondencia con las tareas que puede suplir un ME [70], el MIE está en posibilidad de contribuir a: planeamiento de las secuencias de instrucción, tratamiento de errores conceptuales, generación de realimentación y soporte en la explicación de errores cometidos por el estudiante y funcionalmente como: elaborativo, diagnóstico, correctivo, estratégico y predictivo.

4.3.2.2 Tipos de adaptación

A partir de las especificaciones teóricas tratadas en la Sección 2.1.2.1, para el contexto de aplicación se han determinado los siguientes tipos (Figura 4.4).



Figura 4.4. Tipos de adaptación para el contexto de aplicación.

Adaptación Didáctica: reconociendo el valor de las especificaciones didácticas para un curso, el proceso de diseño instruccional debe corresponder a un planeamiento

riguroso en el que se establecen criterios respecto a: los contenidos con que se abarcarán las unidades de aprendizaje (UoL) del dominio de conocimiento, el conjunto de actividades que en correspondencia con el perfil de cada estudiante generan la ruta instruccional y las características con que se evaluará.

Adaptación de Interfaz: se fundamenta en la disposición del sistema para el estudiante con las adaptaciones de: Presentación, respecto a la disposición en que los materiales y actividades son provistos, con una apariencia e interacción conforme a las condiciones de cada estudiante y Navegación, que incluye la estructura de los enlaces (basado en web) o relaciones inter- objetos para el desplazamiento por el sistema.

4.4 Propuesta de redefinición del modelado de estudiante

Esta sección describe el contexto en que se realiza la propuesta de redefinición del proceso de modelado de estudiante y se especifica su estructura.

4.4.1 Motivación para redefinir el alcance del proceso de modelado de estudiante

La caracterización del proceso de modelado de estudiante (Sección 3.2) permitió analizar esta temática en profundidad y generar reflexiones de amplio valor para la aplicación del Modelo Integral de Estudiante (propuesto en la sección previa). Ante esto se generan los siguientes interrogantes:

- Tal como se ha mostrado, múltiples fuentes especifican que el modelado de estudiante es el proceso que permite a los elementos ser caracterizados, ya sea en la fase de inicialización o de actualización (o en ambas). De ser así, se infiere que la estructura del modelo de estudiante debe existir antes de tales procesos de provisión de datos, entonces ¿cuál es ese proceso de estructuración del modelo de estudiante?
- ¿Se asume que el modelo de estudiante es una estructura predeterminada y lista para la operación en el sistema?,

- ¿Quién es el encargado de definir la estructura del modelo de estudiante y en qué momento?
- Ante la existencia del diseño instruccional, ¿cómo se relacionan el proceso de diseño instruccional con el modelo de estudiante?

Los anteriores cuestionamientos fueron planteados dentro del proceso investigativo y develaron ciertos vacíos que a criterio del autor, se encuentran unidos con un mismo hilo. La siguiente tabla expone tanto los cuestionamientos, como las reflexiones alcanzadas al respecto.

Cuestionamiento	Análisis
Es muy reducido el número de aproximaciones en las que se hace explícito un proceso claro y metódico con el que se diseña e implementa el modelo de estudiante. ¿Existe ese procedimiento?	Esto muestra cierto grado de "informalidad" en el diseño e implementación del modelo de estudiante. Tal informalidad se corresponde con un alto número de aproximaciones en las que el modelo de estudiante es definido en correspondencia con la necesidad de implementar y validar técnicas específicas.
¿El modelo de estudiante es una estructura predeterminada y lista para la operación en el sistema?	En ciertos casos sí, con los modelos de estudiante estáticos, pero no debería ser esta una constante, pues de esa manera los sistemas de aprendizaje tendrán cierto tipo de funcionalidades adaptativas cubiertas y otras serán impedidas o limitadas.
¿Quién es el encargado de definir la estructura del modelo de estudiante y en qué momento?	Esta es una pregunta fundamental porque su tratamiento va más allá de establecer unos roles específicos. En tal sentido se reflexiona si las definiciones para estructurar el modelo de estudiante quedan en manos del personal del área tecnológica que implementa el VLE/ ALS, el tutor o el diseñador de software quien da tales especificaciones. Ampliamente se ha establecido que debido a que los modelos de estudiante recopilan información multidimensional del usuario, es necesario que distintos profesionales aporten en su definición; y si ese modelo de estudiante se pone al servicio de un sistema de aprendizaje, entonces el más destacado para diseñarlo debe ser un pedagogo.
¿Existe relación entre el diseño instruccional y el modelado de estudiante?	Conceptualmente la respuesta es un fuerte sí, porque de hecho explícitamente los más destacados modelos de diseño instruccional definen dentro de sus actividades al planeamiento en función del conocimiento del estudiante. Ahora bien, si esto es tan claro, ¿por qué no se hace así comúnmente?.

Tabla 4.1. Reflexiones sobre el proceso de modelado de estudiante.

Ante estas reflexiones se ha establecido la necesidad de proponer una extensión del concepto del modelado de estudiante, de tal forma que abarque una etapa previa a la alimentación del modelo (alimentación en las fases de inicialización y actualización) en la que se formalice el proceso seguido para definirlo, diseñarlo y desarrollarlo. Ahora bien, se ha evidenciado la pertinencia que el modelado de estudiante sea parte activa del diseño instruccional.

4.4.2 Propuesta del proceso de modelado de estudiante

El modelado de estudiante es un proceso que obtiene valor en la medida en que responde a requerimientos específicos de un contexto de aplicación; en tal sentido, este proceso es fundamental para los sistemas adaptativos centrados en el estudiante (usuario), y se interpreta como el proceso concreto que conduce a constituir y mantener un modelo de estudiante durante la existencia del sistema, a fin de contribuir a su funcionalidad [70]. Lo anterior necesariamente conduce a clarificar que el modelo de estudiante es pieza clave para proveer comportamientos adaptativos del sistema para su usuario, pues se parte de la premisa "mientras mayor sea la caracterización que se tiene del usuario, mayor será la posibilidad del sistema para personalizarse a sus requerimientos particulares".

Se destaca que el modelado de estudiante resulta útil para promover funciones como [70]:

- Planeamiento de las secuencias de instrucciones (rutas de acción didáctica)
- Remediar conceptos erróneos. En cuanto se hace posible establecer el nivel de conocimiento de un estudiante y sus comportamientos conexos, así se sustenta la ocurrencia de errores y se posibilitan rutas remediales
- Generar realimentación sobre el progreso registrado, aportando elementos para la reflexión
- Explicar las razones por las que el estudiante incurrió en error

El proceso de modelado de estudiante entonces, está presente en cualquier actuación del estudiante dentro del sistema adaptativo.

El concepto de proceso de modelado dentro de un sistema adaptativo de aprendizaje centrado en el estudiante, comúnmente se relaciona con la obtención de la información característica de cada estudiante. Así, autores como Moreno [57]

refieren que para dicho proceso, en una primera fase el interés principal radica en identificar las técnicas adecuadas para captar nuevos hechos del estudiante, mientras que en la segunda fase la preocupación se centra en la habilidad para incorporar nueva información en el modelo del estudiante, inclusive tratar oportunamente discrepancias entre lo evidenciado y lo ya caracterizado en el modelo. Desde luego estas fases son necesarias, pero en correspondencia con el transcurso investigativo, se hace necesario reestructurar los alcances del proceso de modelado, de forma que se conformen dos fases fundamentalmente, la primera de ellas relacionada con la Estructura del Modelo de Estudiante y la segunda con la Alimentación de dicho modelo.

4.4.2.1 Fases del modelado de estudiante

La figura 4.5 describe las dos grandes fases constitutivas del proceso de modelado de estudiante propuesto en esta investigación y que a continuación serán explicadas.

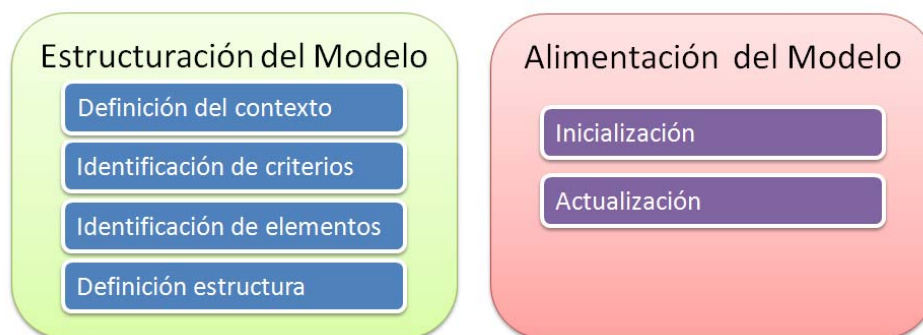


Figura 4.5. Proceso de modelado de estudiante propuesto.

4.4.2.1.1 Estructuración del Modelo de Estudiante

Si bien es cierto que los modelos de estudiante se emplean en todos los sistemas adaptativos de aprendizaje, también lo es que tales sistemas deben identificar los elementos que efectivamente serán esenciales para sus actividades adaptativas. Valga la pena aclarar que con lo anterior no se desvirtúa la relevancia de los modelos de estudiante multidimensionales e integrales, por el contrario, se promueven sin desconocer que está del lado de los diseñadores o administradores del sistema

clarificar las funciones adaptativas y con ello brindar relevancia a ciertos elementos del modelo. De esta manera, esta fase conlleva:

- La especificación de las características del contexto al que el modelo de estudiante proveerá su funcionalidad
- La identificación de los criterios que promueven la necesidad del modelo de estudiante [53] [112]
- La identificación de los elementos que serán destacados para promover funciones adaptativas, en correspondencia con las actividades previas [113]; en algunos entornos este aspecto se relaciona como la "granularidad del sistema"
- La identificación de la estructura de representación del modelo de estudiante, que incluye aspectos de plataforma, interfaces, interoperabilidad, dispositivos entre otros

4.4.2.1.2 Alimentación del Modelo de Estudiante

Esta fase recopila las actividades neurálgicas del modelado de estudiante pues se aplica plenamente durante la ejecución del sistema. Pretende la obtención de la información relacionada con el estudiante [6, 53, 70], sobre el entendido que toda esta no se proveerá necesariamente de forma explícita por este actor del sistema, además incluye la transformación de dicha información, a fin que sea valiosa para describir plenamente al estudiante y así suplir los fines adaptativos del sistema. En tal sentido, son dos las actividades fundamentales de esta fase [6, 55-57]:

- *Inicialización.* En esta actividad se determina la información de partida del modelo de estudiante antes de desarrollar las actividades de aprendizaje. Se entiende que el modelo de estudiante requiere ser caracterizado según cada estudiante, por tanto se recurre a diferentes instrumentos/ actividades. De la información aquí caracterizada dependerá el inicio del proceso adaptativo del sistema. Dado que al momento de asignar un estado inicial del modelo de estudiante, generalmente se cuenta tan solo con la información que se le solicita explícitamente, entonces se hace necesario generar un conjunto de valores iniciales que serán modificados conforme el sistema vaya interactuando y aprendiendo más sobre el usuario [57, 97]
- *Actualización.* En diferentes aproximaciones esta actividad se denomina igualmente como "mantenimiento del modelo de estudiante". Su objetivo radica en la necesidad de conservar la consistencia de la información caracterizada en el modelo, tomando en consideración que para el estudiante su aprendizaje avanza, mientras que su comportamiento, habilidades y

preferencias cambian. Un modelo de estudiante debe ser actualizado ya sea porque se hallan evidencias de la inexactitud del actual modelo o se integra nueva información que amerita ser valorada.

Esta fase se instrumentaliza con el conjunto de métodos y técnicas para obtener la información del estudiante. Es de resaltar que un sistema basado en técnicas comunes, se convierte en predecible y rutinario para el estudiante, lo que de forma directa puede promover actitudes negativas como la dispersión y la desmotivación que afectan la precisión y confiabilidad de la información captada.

4.4.2.2 Actividades en el Proceso de Modelado de Estudiante

En la actualidad son reconocidos múltiples sistemas adaptativos de aprendizaje bien estructurados desde la perspectiva tecnológica, pero muestran carencias como: (1) no permiten evidenciar con suficiencia los sustentos pedagógicos, (2) no especifican los criterios para la definición de la estructura curricular de sus cursos, (3) no especifican la orientación de los materiales de apoyo al proceso formativo y (4) no dan cuenta del diseño del modelo de estudiante en que se centra el proceso adaptativo. Esta situación bien podría aducirse a que el proceso de documentación no fue riguroso o bien a que simplemente ese tipo de consideraciones no fueron relevantes en su momento para el equipo de desarrollo del sistema adaptativo. Así mismo, se reconoce que hasta el momento son escasas (y aparentemente inexistentes) las pautas específicas que guían la elaboración de modelos de estudiante [101]; no obstante, es posible reconocer que desde el terreno informal se han empleado consideraciones básicas para los distintos sistemas de aprendizaje que los emplean.

Lo anterior, complementado con la inspección del estado de arte y la experiencia de los investigadores, permite proponer a continuación el conjunto de actividades particulares que guían el diseño del modelo de estudiante en los sistemas adaptativos de aprendizaje, correspondiendo con el proceso de modelado descrito en el apartado anterior:

4.4.2.2.1 Identificar el objetivo y el contexto para el sistema de aprendizaje

Dada la diversidad de sistemas de aprendizaje y la generalidad en el uso del modelo de estudiante para derivar procesos adaptativos, se hace indispensable identificar: (1) la finalidad de tal sistema, (2) el contexto pedagógico en el que se supe el esquema educativo, (3) el perfil y los roles de los distintos actores para el sistema, (4) las experiencias didácticas que fundamentan al sistema y en fin, toda la información que sustenta el necesario tránsito de los estudiantes por el sistema. Con esto, los diseñadores pueden cimentar las líneas generales a las que debe corresponder el sistema para promover un aprendizaje significativo. En este punto los diseñadores deben establecer que se encuentran ante un sistema de aprendizaje propiamente dicho, descartando sistemas como aquellos cuyo alcance sea solamente la gestión de contenidos. Esto permitirá entender la pertinencia y alcance del modelo de estudiante.

Los siguientes cuestionamientos apoyan la identificación del contexto del sistema de aprendizaje y motivan a los diseñadores a reflexionar sobre la pertinencia de los procesos adaptativos:

- ¿Qué pretende el sistema de aprendizaje?. Complemente su respuesta haciendo uso de la Guía de Recomendación No. 1 (1-01 y 1-02), contenida en el Anexo E
- Desde la perspectiva pedagógica, ¿cuál tipo de aprendizaje promueve su sistema?. Complemente su respuesta haciendo uso de la Guía de Recomendación No. 2, contenida en el Anexo E
- Cite las razones por las que considera necesaria la personalización para suplir los fines del sistema de aprendizaje
- Describa el tipo de estudiante al que está guiado su sistema de aprendizaje

4.4.2.2.2 Identificar la estructura conceptual del dominio de conocimiento (o de competencias), rutas instruccionales y materiales de aprendizaje

Esta actividad atiende directamente los intereses cognitivos, pedagógicos y didácticos del proceso de modelado, de modo que integra tareas específicas como: (1) la definición del dominio de conocimiento y/o competencias que el sistema

abarcará integrando la estructura de temas- logros- unidades- asignatura, junto a la información colateral de temáticas de apoyo; (2) el sustento pedagógico y por tanto el diseño didáctico con el que se cumplirán las actividades formativas; (3) la relación de características de los objetos de aprendizaje, ya sea para su diseño o su adaptación y (4) la especificación de rutas instruccionales que entrelazarán los demás elementos de esta actividad. Es importante destacar que todos los elementos aquí definidos son susceptibles de ser personalizados en el marco de un sistema adaptativo de aprendizaje.

Los siguientes cuestionamientos apoyan la identificación de las rutas instruccionales junto a los elementos relacionados:

- ¿Cuál es la estructura de conocimientos, rutas instruccionales y materiales académicos requeridos en el sistema? (Área, Unidades temáticas, Temas)/ Competencias, rutas instruccionales y OVA's
- Identifique el diseño didáctico en correspondencia con la estructura previa

4.4.2.2.3 Definir los tipos de adaptación pretendidos para los estudiantes

Una vez consideradas las actividades previas, se evidencian con mayor claridad los alcances adaptativos que de manera plausible pueden ser brindados por el sistema. Para tal fin, se consideran los descritos en la sección 4.3.2.2 (Tipos de adaptación para el contexto de aplicación).

El siguiente interrogante apoya la identificación del tipo de adaptación junto con los criterios para el sistema de aprendizaje:

¿Cuáles niveles de adaptación son pretendidos en el sistema?. Complemente su respuesta haciendo uso de la Guía de Recomendación No. 3, contenida en el Anexo E.

4.4.2.2.4 Identificar las categorías y elementos para el modelo de estudiante

Esta actividad tal vez es la que mayor relevancia toma en el proceso de modelado, pues la identificación de los elementos constitutivos del modelo de estudiante es el peldaño sobre el que se apoyará la lógica del proceso adaptativo. En

correspondencia con la adaptación pretendida para el sistema, la información del contexto y las rutas instruccionales, se hace posible diseñar el esquema de personalización para abastecer la función adaptativa. En tal propósito se identifican los elementos necesarios, proporcionados por el Modelo Integral de Estudiante (Ver Sección 4.3), los que paulatinamente se han identificado en las guías de recomendación 1 y 2.

Considere la Guía de Recomendación No. 4 para la definición de categorías y elementos, contenida en el Anexo E.

4.4.2.2.5 Identificar los métodos y técnicas, y la fase del proceso de modelado en que se emplearán para abastecer de información al modelo de estudiante

La fase de "Alimentación del Modelo" perteneciente al proceso de modelado propuesto, requiere de la definición y uso de métodos y técnicas con las que sea posible obtener la información que refleje el estado del estudiante de manera fidedigna. En esta actividad las guías de identificación de métodos y técnicas del marco de referencia brindan criterios de valor a fin de cumplir con una adecuada selección.

Considere la Guía de Recomendación No. 5 para la definición de los métodos y técnicas recomendados para caracterizar los elementos del modelo de estudiante.

4.4.2.2.6 Seleccionar e implementar el esquema de representación para el modelo de estudiante

El esquema de representación corresponde a la implementación del modelo de estudiante como pieza tecnológica del sistema de aprendizaje.

Tenga en cuenta que hasta el momento ha sido posible establecer un modelo conceptual en referencia a los elementos del modelo de estudiante. Ahora este modelo debe ser representado tecnológicamente para que opere dentro del sistema de aprendizaje. Para tal fin puede seleccionarse una estructura como modelos ontológicos, sistema de bases de datos o cualquier otra para el tratamiento de datos y/o conceptos.

4.4.2.2.7 Ajustar las reglas de diagnóstico y caracterización de las creencias derivadas para el modelo

Es reconocido que el modelo de estudiante complementa a los modelos restantes del sistema de aprendizaje, en tal sentido, el modelo de adaptación (responsable de suplir la función adaptativa del sistema) se dinamiza a partir de reglas de inferencia fundamentadas en la información que describen cada uno de los elementos del modelo seleccionados y caracterizados. El razonamiento sobre información interna del sistema permite derivar información de un nivel superior que posteriormente podrá disponerse para nuevas inferencias, haciendo que el modelo de estudiante sea dinámico y pueda mantenerse vigente.

Este proceso lo debe cumplir el personal de desarrollo del sistema de aprendizaje en virtud de los productos generados en las actividades previas.
--

4.4.2.3 Análisis de Sección

En esta sección se ha presentado la abstracción del proceso de modelado de estudiante, que es un producto generado a partir del proceso investigativo; esto en virtud que se ha establecido que dicho proceso no cuenta con una definición explícita que apoye al personal de diseño de sistemas de aprendizaje de tipo adaptativo y particularmente a quienes definen el modelo de estudiante. El proceso de modelado propuesto describe fases y actividades específicas, integrando puntos de reflexión a fin de agregar valor a la definición del modelo de estudiante para el sistema. Tal proceso vincula a la perspectiva tecnológica (tradicionalmente destacada) las consideraciones pedagógico- didácticas, de diseño instruccional, psicológicas (incluidas en el Modelo Integral de Estudiante propuesto) y de reflexión sobre los tipos de adaptación a promover.

4.5 Guías de recomendación de modelos de estudiante

4.5.1 Introducción

El marco de referencia a partir de las guías de recomendación específica: (1) Contexto de tipos de sistemas de aprendizaje, (2) Funcionalidades para los sistemas de aprendizaje a fin de vincular el proceso adaptativo, (3) Relación de fundamentos pedagógicos para el diseño instruccional, (4) Tipos de adaptación a proveer en los sistemas de aprendizaje, (5) Relación de categorías y sub-categorías que conforman la taxonomía del Modelo Integral de Estudiante, (6) Relación de elementos y (7) Relación de métodos y/o técnicas para caracterizar los elementos del modelo de estudiante.

Es adecuado especificar que las características del Marco de Referencia lo perfilan como un elemento enriquecedor que vale la pena ser tenido en cuenta por el personal de desarrollo de sistemas de aprendizaje y desde ningún punto de vista pretende desestimar otras propuestas con el mismo objetivo. Adicionalmente, se especifica que el Marco de Referencia no pretende sustituir los postulados teóricos que soportan cada uno de los conceptos vinculados, es así que por ejemplo, se presentan tipos de sistemas de aprendizaje y técnicas particulares con un concepto puntual, pero es responsabilidad del diseñador instruccional conocer con mayor profundidad cada uno de ellos, en tal sentido, las guías de recomendación sugieren referencias bibliográficas a fin de ampliar cada concepto, de ser requerido.

Las guías de recomendación del modelo de estudiante se articulan con el proceso de modelado propuesto, ya que ciertas actividades requieren de la puesta en funcionamiento de determinada guía. Así mismo, las guías de recomendación se articulan con el MIE, pues cada guía va generando especificaciones de elementos que serán agregados al modelo de estudiante a recomendar.

4.5.2 Estructura del Proceso de Recomendación

La figura 4.6 muestra la abstracción del proceso a seguir en la aplicación del marco de referencia.

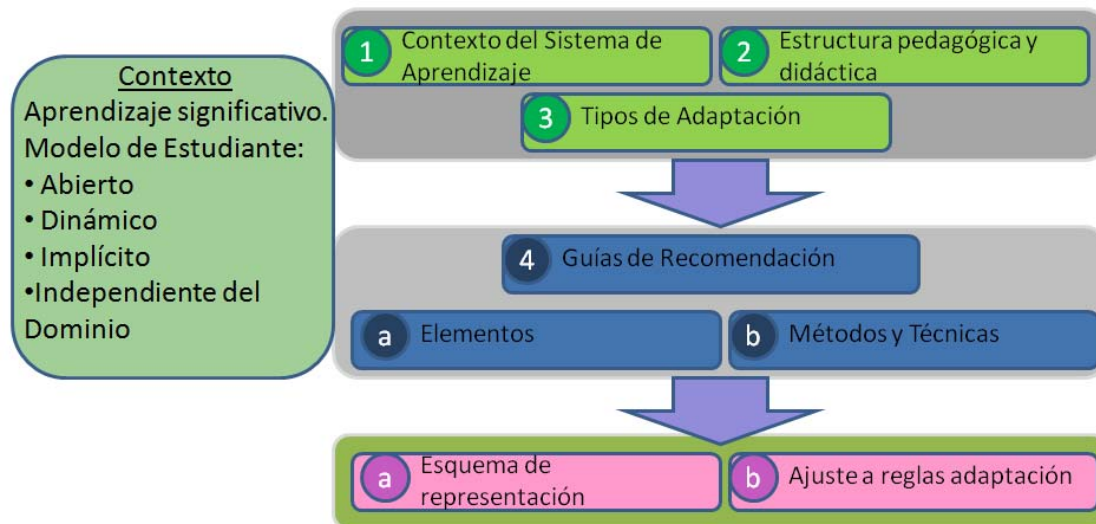


Figura 4.6. Abstracción de las actividades vinculadas con el Proceso de Modelado propuesto.

Como se puede observar, las actividades descritas en la figura 4.6, se corresponden con las especificadas en la Sección 4.4.2.2. De esta manera se destaca que el proceso de modelado de estudiante tiene al sustento pedagógico como insumo primordial, desde lo cual cobran relevancia y consistencia el diseño instruccional, el diseño de objetos de aprendizaje y los elementos del estudiante que aportarán a que el proceso adaptativo sea útil y asertivo.

Es reconocido que en esta investigación se ha propuesto un Modelo Integral de Estudiante (MIE), junto a un proceso de modelado que se pueden catalogar como extensibles (dadas las consideraciones a partir de las que fueron definidos), no obstante, es necesario aclarar que estos no se constituyen en la "bala de plata" para subsanar el planeamiento de cualquier actividad pedagógica. De esta manera, es necesario especificar que las siguientes guías de recomendación se fundamentan en un contexto basado en:

- Aprendizaje Significativo: especificado por David Ausubel principalmente desde el año 1963 [114]. "Aprendizaje significativo es el proceso a través del cual una nueva información (un nuevo conocimiento) se relaciona de manera no arbitraria y sustantiva (no- literal) con la estructura cognitiva de la persona que aprende" [115]; a partir de esto se devela la visión auténtica del concepto brindado por Ausubel, la que radica en el hecho del aprendizaje como un

mecanismo naturalmente presentado para captar e integrar información, donde el conocimiento previo es la variable fundamental para generar el aprendizaje significativo. Para esta teoría, el aprendizaje se representa no por la literalidad del concepto, sino por el valor que la nueva información toma dentro de la estructura conceptual de la persona (es decir se subordina a la estructura individual), lo que inherentemente conduce a un aprendizaje personal y auto-ponderado por la utilidad propia. Dada la relevancia de este concepto, se ha verificado la relación válida entre la teoría de Ausubel (aprendizaje) con respecto a otras destacadas como la de la asimilación, acomodación, adaptación y equilibrio, definidas por Jean Piaget [116], con las que se describe el proceso del nuevo conocimiento al integrarse o no al individuo (desarrollo cognitivo). De la misma manera, con la teoría de constructos de George Kelly (teoría de la personalidad) [117]; la del desarrollo cognitivo referenciado por los contextos social, histórico y cultural, de Lev Vygotsky [118]; la de los modelos mentales de Philip Johnson-Laird [119]; y la de la visión humanista con el pensamiento, sentimiento y acción para generar el empoderamiento, definido por Joseph Novak [120]. Este último autor, integra y conceptúa el trabajo de Ausubel de una manera más generalista: "el aprendizaje significativo subyace a la construcción del conocimiento humano y lo hace integrando positivamente pensamientos, sentimientos y acciones, lo que conduce al engrandecimiento personal", siendo estas relaciones analizadas con profundidad en [115]

Bob Gowin [121] pone el siguiente peldaño en el aprendizaje significativo, al definir en su teoría de la educación que el proceso educativo se basa en compartir significados entre profesor y estudiante, respecto al conocimiento mediado por los materiales educativos; "para aprender significativamente, el alumno tiene que manifestar una disposición para relacionar, de manera no-arbitraria y no-literal (sustantiva), a su estructura cognitiva, los significados que capta con respecto a los materiales educativos, potencialmente significativos, del currículum" [115].

- El Modelo de Estudiante abierto [122-124] es aquel que se distingue por hacer parte al criterio del estudiante en el proceso de alimentación directa del mismo modelo. Esta intervención del estudiante está dada en distintos niveles, entre los que se destaca la inspección de información caracterizada empleando distintas técnicas y la posibilidad de argumentar o enmendar información caracterizada. Es parte del grupo de diseñadores del modelo de estudiante, identificar los alcances del rol de este usuario con respecto a las características consignadas
- Dado que el modelo de estudiante será caracterizado con métodos y técnicas tanto en los procesos de inicialización y actualización, se determina el carácter

dinámico. De hecho, una vez caracterizada la información de determinados elementos, se verifica la posibilidad que esta información pueda cambiar, como efecto de la interacción del estudiante con su sistema

- La caracterización por inferencia a partir de elementos primarios, hace que el modelo de estudiante tome la connotación de modelo implícito
- El proceso adaptativo a partir del Modelo Integral de Estudiante se fundamenta en la vista holística del mismo estudiante, lo que conlleva a que sea necesario caracterizar elementos diferentes al dominio de conocimiento, de esta manera el modelo se considera "independiente del dominio"

Ahora bien, las guías de recomendación son el hilo conductor en la aplicación del Marco de Referencia, de forma que se parte de la contextualización del sistema de aprendizaje, seguido de la identificación de teorías de aprendizaje que soportan el diseño pedagógico y didáctico del sistema, luego la identificación de los tipos de adaptación pretendidos por el sistema y finalmente especificando los elementos y su proceso de caracterización a través de métodos y técnicas. La figura 4.7 describe la secuencia de uso de las guías de recomendación. Por extensión de las guías, se remite al lector al Anexo E (Guías de recomendación para elaborar modelos de estudiante).

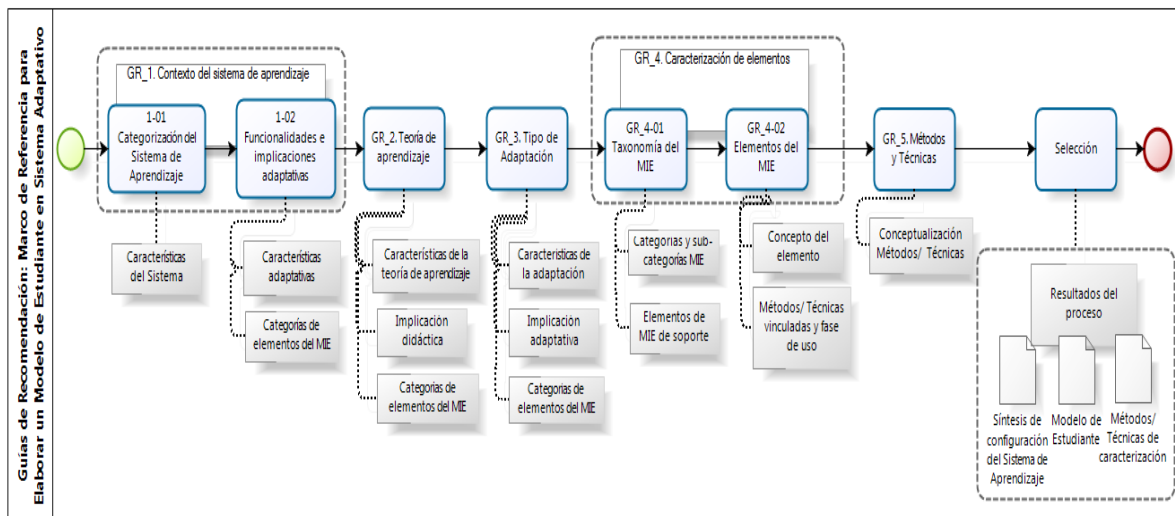


Figura 4.7. Secuencia de uso de las Guías de Recomendación.

4.5.3 Síntesis de uso del MIE en función de las guías de recomendación

Las siguientes Figuras (4.8, 4.9 y 4.10) presentan la síntesis de las características y integradas a las guías de recomendación, a saber: (1) Funcionalidad adaptativa, (2) Teorías de aprendizaje y (3) Tipos de Adaptación. En las guías de recomendación también fueron incluidos los Tipos de Sistemas de Aprendizaje, pero dado que estos no eran factores directos para relacionar elementos del MIE (sino elementos fundamentales para contextualizar el proceso de modelado a seguir por el diseñador instruccional), no son tratados en esta síntesis. Cada característica es relacionada con la taxonomía del Modelo Integral de Estudiante propuesto (ver Figuras 4.9 y 4.10), en los niveles 1 y 2 (categorías y sub-categorías). Se aclara que en estas figuras no se observa el detalle a nivel de elementos finales de las sub-categorías, en virtud de su extensión.

Funcionalidades Adaptativas				Teorías de Aprendizaje	
1	Asignación de currículo			1	Comunidades de práctica
2	Diseño instruccional			2	Aprendizaje situacional
3	Provisión de materiales de aprendizaje			3	Teoría de la conversación
4	Entornos de juegos sociales (Social gaming environments)			4	Teoría del texto y la conversación
5	Seguimiento (tracking)			5	Aprendizaje organizacional
6	Realimentación (feedback)			6	Aprendizaje en doble ciclo
7	Soporte tutorial			7	Aprendizaje experiencial
8	Evaluación			8	Estilos de aprendizaje
9	Comunicación			9	Sociedad desescolarizada
10	Movilidad			10	Homeschooling, unschooling
11	Entorno			11	Pedagogía crítica
12	Administración de la información del estudiante			12	Relaciones interpersonales
(a)				13	Educación de Montessori
				14	Pedagogía científica
				15	Educación experiencial
				16	Constructivismo
				17	Constructivismo expresivo
				18	Constructivismo radical
				19	Constructivismo social
				20	Construccionismo
				21	Conectivismo
				22	Epistemología genética
				23	Zona de desarrollo proximal
				24	Aprendizaje expansivo
				25	Scaffolding
				26	Aprendizaje por descubrimiento
				27	Aprendizaje significativo
				28	Inteligencias múltiples
				29	Mastery learning
				30	Objetivos educativos
				31	Conductismo radical
				32	Instructivismo
				(c)	

Tipos de Adaptación		
1	Contenido	Adaptación Didáctica
2	Secuencia	
3	Evaluación	
4	Presentación	Adaptación de Interfaz
5	Navegación	
(b)		

Figura 4.8. Síntesis de características esenciales de las guías de recomendación: (a) Funcionalidades Adaptativas para el sistema de aprendizaje, (b) Tipos de Adaptación, (c) Teorías de Aprendizaje. Cada característica se encuentra debidamente indizada.

A nivel práctico, la lectura de la información en las Figuras 4.9 y 4.10 se realiza por medio de cada uno de los índices relacionados en la Figura 4.8.

Se invita al lector a verificar en el Anexo D las especificaciones a nivel de los elementos constitutivos del MIE.

Categoría	Subcategoría/ Elemento	Funcionalidades Adaptativas												Tipo Adaptac.					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
Aspectos Didácticos	Comportamiento				X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
	Errores y dificultades procedimentales (elemento)			X		X		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
	Realimentación (Elemento)					X	X	X	X				X	X		X		X	X
	Reflexión sobre el proceso				X	X	X	X	X		X		X	X	X	X		X	X
Características Psicológicas y físicas	Disposiciones afectivas			X	X	X			X			X	X	X	X	X	X	X	X
	Estado personal			X	X	X				P	P		X	X		X	X	X	X
	Estilos de aprendizaje			X		X			X	X			X	X	X	X	X	X	X
	Hábitos (elemento)			X	X	X					X		X	X		X			
	Personalidad				X	X						X	X	X					
	Valores (elemento)				X	X							X	X					
Información personal	Demográfica												X						
	Geográfica												X						
	Objetivos y perspectivas personales				X								X	X		X	X	X	X
	Observaciones sobre el estudiante (elemento)												X						
	Preferencias personales				X								X	X	X		X	X	X
Interacción con el sistema	Capacidad, nivel de experticia y destreza de uso			X	X	X			X	X	X		X					X	
	Entorno del sistema			X	X	X			X	X	X	X	X	X				X	X
	Historial de interacciones				X	X		X					X					X	X
	Tipo de información (elemento)			X					X				X	X				X	
Nivel de conocimiento	Competencias	X	X	X		X		X	X				X	X	X	X		X	X
	Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento (elemento)	X	X	X		X		X	X				X	X	X	X		X	X
	Errores conceptuales (elemento)	X	X	X		X		X	X				X	X	X	X		X	X
	Historial de conocimiento	X	X	X		X		X	X				X	X	X	X		X	X
	Necesidades y objetivos de conocimiento	X	X	X	X			X	X				X	X	X	X		X	X
Trabajo grupal				X	X			X	X			X	X		X		X		

Convenciones: X=La subcategoría está incluida en su totalidad. P=La subcategoría está incluida parcialmente. (elemento)=Esta característica no está ligada a una subcategoría específica.

Figura 4.9. Relación de Funcionalidades Adaptativas y Tipos de Aprendizaje con el Modelo MIE para las Guías de Recomendación del Marco de Referencia.

		Teorías de Aprendizaje																																
Categoría	Subcategoría/ Elemento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Aspectos Didácticos	Comportamiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Errores y dificultades procedimentales (elemento)					X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Realimentación (Elemento)					X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Reflexión sobre el proceso	P	P	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Características Psicológicas y físicas	Disposiciones afectivas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Estado personal																	P	P															
	Estilos de aprendizaje			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Hábitos (elemento)							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Personalidad									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Información personal	Valores (elemento)								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Demográfica																																	
	Geográfica																																	
	Objetivos y perspectivas personales																						X								X		X	
	Observaciones sobre el estudiante (elemento)																																	
Interacción con el sistema	Preferencias personales	X	X	X	X	X	X	P			X	X	X						X			X								X		X		
	Capacidad, nivel de experticia y destreza de uso																																	
	Entorno del sistema			X	X	X												P																
	Historial de interacciones							X																										
Nivel de conocimiento	Tipo de información (elemento)			X	X																													
	Competencias																							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento						X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Errores conceptuales (elemento)					X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Historial de conocimiento (elemento)					X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Trabajo grupal	Necesidades y objetivos de conocimiento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Interacciones sociales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Convenciones: X=La subcategoría está incluida en su totalidad. P=La subcategoría está incluida parcialmente. (elemento)=Esta característica no está ligada a una subcategoría específica.

Figura 4.10. Relación de Teorías de Aprendizaje con el Modelo MIE para las Guías de Recomendación del Marco de Referencia.

4.5.4 Análisis de la sección

La abstracción y construcción de las guías de recomendación fue un proceso dispendioso por su extensión, análisis y detalle; para tal fin fue necesario recurrir a un equipo conformado por un pedagogo, un diseñador instruccional y dos ingenieros del área TEL. La producción de las guías se apoyó tanto en la documentación construida en este proyecto, como en la extensión que proveyeron los repositorios de fuentes de referencia. A pesar que fue vasta la documentación hallada para cada concepto incluido en las guías, se prefirió generar documentos "ligeros" en el sentido de brindar conceptos precisos, simples y completos, ya que si se expandiera su explicación, las guías serían mucho más extensas y harían impráctico su uso por el personal diseñador de los modelos de estudiante.

Las guías de recomendación para elaborar modelos de estudiante son el componente integrador del marco de referencia propuesto y permiten de manera apropiada identificar los conceptos de cada secuencia, obtener un contexto e implicaciones adaptativas y relacionar en consecuencia los elementos que desde la perspectiva del MIE pueden aportar al logro de la adaptación.

La verificación de la pertinencia de cada concepto fue dada en repetidas sesiones del grupo de trabajo, de forma que el grupo asignaba aleatoriamente el rol de diseñador y esta persona empezaba a hacer selecciones discrecionalmente, de manera que el grupo sólo podía atender su solicitud basado exclusivamente en el contexto de las guías de recomendación, dinámica que permitió en repetidas ocasiones detectar errores o selecciones insatisfechas.

Las figuras previas permiten identificar de manera más simple la densidad de elementos del MIE en torno a cada una de las características empleadas en las guías de recomendación, estableciendo que:

- La lógica de recomendación de estas guías, se corresponde con el concepto empleado en la mayoría de sistemas ALS, en el sentido que el mayor conjunto de elementos considerados para proveer adaptación desde la perspectiva de cualquier característica, lo aporta la categoría de Nivel de Conocimiento
- En un segundo nivel de jerarquía en cuanto al uso de elementos, lo tiene la categoría de Aspectos Didácticos, seguido por las Características Psicológicas y Físicas, luego la Interacción con el Sistema, el Trabajo Grupal y finalmente la categoría de Información Personal
- Es de resaltar que la categoría de Información personal, incluye sub-categorías con información eminentemente estática (caso particular de la Demográfica y Geográfica), que obviamente requiere ser incluida dentro del modelo de estudiante, pero que su aporte es casi nulo, en términos de soporte a la adaptación
- A nivel de Tipos de Adaptación, la de Contenido es la que requiere mayor cantidad de elementos y la de Presentación es la que requiere menos. A nivel de la Funcionalidad Adaptativa, el Seguimiento requiere la mayor cantidad de elementos, de manera contraria a la Realimentación
- Es notorio que la Funcionalidad Adaptativa denominada Administración de la Información del Estudiante fue considerada en virtud de los modelos de

estudiante abiertos y para tal fin, obviamente debería integrar la totalidad de elementos del MIE

- A nivel de Teorías de Aprendizaje fue incluido en el estudio el Instructivismo, pero este paradigma por su rigurosidad, bien podría estar en contravía de los principios adaptativos, o podría restringirse a dejar en manos del tutor la entera disposición de cualquier acción adaptativa, lo que en tal situación hace incierto definir elementos del MIE

4.6 Conclusiones

Evidentemente este capítulo ha tratado el aspecto neurálgico de la tesis, orquestando bajo el término de marco de referencia distintos recursos agregados en tres productos particulares a saber:

El Modelo Integral de Estudiante que es una definición amplia, estructurada, homogénea y formal de la multidimensionalidad del estudiante. Su elaboración partió del reconocimiento de la singularidad de cada estudiante y por consiguiente la identificación de múltiples características con diferentes valuaciones, que en las diferentes iteraciones de la investigación fueron convergiendo hacia las categorías y sub-categorías que las contienen. Múltiples estudios consideran a los modelos de estudiante, pero son pocos los que se centran en ellos directamente.

La propuesta de extensión al proceso de modelado de estudiante inicialmente no hacía parte de las pretensiones investigativas del proyecto, pero el avance en el objeto de estudio fue develando fisuras que requerían de tratamiento. Este hecho condujo a la decisión de integrarlo al estudio y profundizar en su caracterización, de manera que con el tiempo fue encajando perfectamente esta temática dentro de los presupuestos de la investigación. Se considera que la propuesta de mejora al concepto del modelado de estudiante no es algo alternativo, porque los inconvenientes hallados son bastante dicentes, de manera que se espera que la comunidad científica en torno al área pueda adscribirse a la valoración de las implicaciones de dicha propuesta.

Las guías de recomendación son el reactivo para este marco de referencia, debido a que a partir de ellas se hace posible poner en operación los otros aportes, en su

aplicación se evidencia el complemento perfecto entre ellos. La dinámica de las guías de recomendación permite al diseñador ir reflexionando sobre las implicaciones de su labor en cuanto a la selección de las diferentes opciones existentes, a la vez que se va evidenciando la integración gradual de elementos (verificando las razones) al modelo de estudiante. Al término, el modelo de estudiante es complementado con un conjunto de técnicas igualmente recomendadas en correspondencia con la selección realizada.

Capítulo 5

5. Evaluación

En este capítulo se exponen los procesos seguidos con el objetivo de determinar la consistencia, aplicabilidad y pertinencia de los productos constituidos dentro del Marco de Referencia generado.

Dado que la mayor parte de los productos de la investigación son conceptuales, fue necesario recurrir a métodos cualitativos de valoración, entre ellos se destacan las entrevistas, juicios a ciegas, focus group y cuestionarios.

De otra parte se desarrollaron dos implementaciones tecnológicas que sirvieron para validar la consistencia de lo elaborado y que posteriormente pueden emplearse para replicar la aplicación de los modelos expuestos focalizados en diferentes características y configuraciones.

5.1 Validación del MIE por juicio de expertos

En la sección 4.3 se dio a conocer el proceso de generación del Modelo Integral de Estudiante, que fue establecido con un estudio extenso y riguroso de caracterización de elementos. La validación de dicho modelo se cumplió en varias iteraciones: en las primeras por medio del análisis al interior del grupo de investigación, de forma que en cuatro iteraciones fue considerado con un grado de madurez aceptable para escalar al cuestionario y entrevista con expertos, de cuyo análisis se realizó una iteración más con el uso de la técnica de grupos focales (focus group), lo que se consideró como una depuración objetiva con múltiples puntos de vista que promueve un mayor

nivel de certeza sobre la precisión de lo propuesto, reuniendo las experiencias aprendidas dentro del contexto de investigación de cada experto.

Para tal fin, se usó el método Focus Group, que "es un método empírico de investigación rentable y rápida para la obtención de información cualitativa y la realimentación [por parte de un grupo específico], que se puede utilizar en varias fases y tipos de investigación" [125]. Focus Group destaca que dentro de los temas para los cuáles su uso resulta adecuado se incluyen [125]: (1) Obtener realimentación de los participantes sobre preguntas de investigación, (2) Reconocer pasadas experiencias que puedan estudiarse con mayor detalle empleando otros métodos, (3) Realizar la evaluación inicial de potenciales soluciones, basado en el concepto de practicantes o usuarios, (4) Recopilar recomendaciones de lecciones aprendidas, e (5) Identificar potenciales raíces que derivan un fenómeno. Por lo anterior, se determinó como un recurso adecuado para evaluar la propuesta del MIE.

5.1.1 Síntesis de la gestión para la validación empleando focus group

Por extensión del documento, el Anexo F da cuenta de las especificaciones en la aplicación del método focus group para la validación por expertos del MIE propuesto, que destacó las siguientes características:

- Formalización del contexto y objetivos para la aplicación de focus group
- Uso del método Delphi para captar la realimentación individual de los expertos a modo de juicio "ciego" con antelación a la reunión para evitar sesgos
- Se integraron los resultados obtenidos con el juicio individual de expertos para conformar el banco de puntos de análisis. Se conformaron dos grupos de discusión heterogéneos para evitar sesgos
- Se concertaron los espacios de reunión virtual y con esto se generaron los protocolos para cada sesión, que fueron compartidos con suficiente antelación al encuentro
- Las sesiones se desarrollaron dentro de lo planeado y se generaron las memorias de la actividad

5.1.2 Análisis de la información y reporte de resultados

Dentro del focus group, el método Delphi permitió captar observaciones individuales de los expertos, las cuales se presentan literalmente de la siguiente manera:

- El proyecto pretende generar un conjunto de elementos de los cuales pueda tomarse para constituir modelos de estudiante para sistemas ALS específicos, lo que conduce a tener que establecer que no todos los elementos cubren cualquier necesidad adaptativa de un ALS. Esto quiere decir que se debe pretender uno de dos caminos: (1) Especificar el rango de aplicación de cada elemento según el tipo de adaptación que se pretenda obtener, o (2) Acotar la propuesta de elementos a un tipo específico de: adaptación (instrucción, navegación, presentación), ALS, nivel de educación, características de estudiante, entorno, entre otros
- Se debería especificar para qué tipo de entornos de aprendizaje sirve el modelo (Por ejemplo entornos web, entornos móviles, entornos ubicuos, entornos colaborativos, entornos mono-usuario, etc.). Esto permitiría comprender mejor el criterio usado para incluir las diferentes categorías y elementos en el modelo por futuros usuarios
- Es legible la intención por alcanzar la definición de un modelo de tipo genérico, sin embargo sería conveniente plantear en el contexto, para qué tipo de adaptaciones podría emplearse. Es decir, que aspectos de un sistema de aprendizaje virtual se podrían adaptar a partir de este modelo (Por ejemplo, adaptación de contenido, de enlaces, de interfaz, de tareas pedagógicas, etc.)
- Es importante reflexionar acerca de la complejidad que se puede generar al integrar un alto número de elementos en un modelo de estudiante, vista desde la cantidad de técnicas para modelar que se requerirán y las capacidades del ALS para mantenerlas
- Innegablemente existen características de estudiante que son transversales o agregados de diferentes elementos, razón por la cual es necesario identificar la manera en que serán modeladas
- Con el objetivo de ofrecer una mayor riqueza en la contextualización del modelo, se hace necesario ampliar el glosario, brindando el significado de cada uno de los elementos
- Tomando en consideración que la propuesta enmarca una jerarquización de elementos y una semántica asociada a cada uno, se sugiere la necesidad que

posteriormente sea analizado un método que provea estructura formal a la representación por medio de un formato específico o estándar

- Habiendo definido los elementos y sus afinidades por medio de categorías, vale la pena dar un espacio de reflexión a las técnicas con que serán modelados, y en ellas un espacio interesante corresponde a mecanismos basados en hardware, como puede ser el caso del modelado de emociones por medio de sensores
- El estilo de aprendizaje ha sido definido a nivel de categoría, sin embargo vale la pena identificar la posibilidad de incluirlo dentro de otra, dado su nivel de granularidad
- En el diseño de modelo de estudiante para aplicaciones específicas, el mismo debe aportar la información necesaria para los fines de adaptación que se persigan. Esto impone un reto a la aplicación genérica que promueve la propuesta

Adicionalmente los expertos proveyeron sugerencias de carácter técnico, tales como el ajuste en ciertas definiciones.

5.1.3 Análisis del Debate

Los debates del grupo de expertos derivaron los siguientes aportes en correspondencia con la estructura de la sesión:

- Tema 1: Complejidad derivada de la cantidad de elementos a incluir en un modelo frente a la cantidad y "dificultad de implementación" de técnicas para soportar la inicialización y actualización (diagnóstico). Se identifica como un problema destacado y difícil de solucionar, sin embargo se propone identificar en el modelo propuesto aquellos elementos que pudiesen de manera offline ser actualizados con técnicas como minería web y otras. Adicionalmente la instanciación del modelo de estudiante en cada ALS según los objetivos de adaptación que se pretendan
- Tema 2: Carácter genérico de la propuesta. (1) Se estima como un aporte valioso al área de trabajo, está planteada con elementos que pueden ser tomados por cualquier tipo de sistema adaptativo. Sin embargo es necesario pensar más en los contextos de aplicación, de manera que como el proyecto pretende "facilitar el proceso de desarrollo de tales modelos de estudiante", el personal vinculado pueda tener mayores criterios para definir los elementos

que le resulten fundamentales aplicar. (2) Así que fue sugerido que el modelo operara como un shell instanciable para cada aplicación. De hecho que el modelo después de un análisis con mayor profundidad en cuanto a los contextos de aplicación, derivara una propuesta de un "modelo elemental" con funcionalidad básica y generar ciertas guías (de requerimientos) para determinar cuáles otros elementos en tiempo de ejecución serían necesarios ir vinculando. (3) Para efectos que contribuyen directamente a los alcances del proyecto, fue sugerido que se identificaran escenarios tipo y luego determinar si el modelo los cubre y de esa manera especificar lo que sería para cada caso el "modelo fundamental" y el "modelo extendido", lo que aportaría en la etapa de validación de la propuesta. (4) Valdría la pena estudiar la posible inclusión de una categoría de "contexto de aprendizaje" que en cierta manera podría contribuir a tipificar ciertos elementos relacionados con los contextos de aplicación del modelo, sin embargo esto no exime el necesario análisis de aplicación de cada elemento del modelo a casos de ALS

- Tema 3: Integración de elementos. (1) Los expertos se cuestionaron: ¿se podría generar meta-conocimiento a partir de este cúmulo de conocimiento?. (2) Se define que la inferencia de valoraciones para elementos no explícitos es fundamental en un sistema en que esté incluido el modelo y de esto se dará cuenta por parte de los métodos de modelado. (3) Se reafirma la necesidad de pensar a posteriori en técnicas de representación estructural. (4) Ante la hipótesis de la dificultad de hallar técnicas específicas para elementos subjetivos del estudiante, se sugiere tomar en consideración técnicas estadísticas que a partir de probabilidades brinden acercamiento a la información esperada
- Tema 4: Información sensible al estudiante. (1) Es necesario tomar en consideración efectivamente los elementos relacionados con información susceptible del estudiante. (2) Los modelos de estudiante abiertos conceden al usuario la libertad de permitir que cierta información sea o no empleada para los fines adaptativos del sistema. (3) Se lleva al análisis que los modelos de estudiante abiertos sacrifican el proceso de personalización. (4) Es necesario tener en cuenta de otro lado, que la inclusión de elementos sensibles de los estudiantes, podría afectar su motivación
- Tema 5: Completitud del modelo. Fue contextualizado el proceso seguido para generar el producto que los expertos evaluaron. Todos coinciden en que es una propuesta completa, reinciden en sus observaciones brindadas en la primera realimentación
- Observaciones de cierre: (1) Revisión del modelo abierto. (2) Revisar con mayor profundidad conceptos como el de competencias. (3) Tener en cuenta cómo conseguir y mantener los datos. (4) Revisar la inclusión de herramientas

tipo portafolio que recopilarían evidencias concretas del proceso del estudiante

5.1.4 Análisis del proceso de evaluación

La propuesta del Modelo Integral de Estudiante surge a partir de un largo proceso que dio inicio con la investigación documental para caracterizar los elementos que se vinculan a los modelos de estudiante. A partir de esto se inicia un proceso de construcción del modelo propuesto y gradualmente se aplican diversas técnicas con el objetivo de incrementar la completitud y conformidad del MIE.

Es por lo anterior que surge la instancia de validación de mayor rango para el MIE, el juicio de expertos, para lo cual la actividad evaluativa consistiría en confrontar lo propuesto ante la experiencia y dominio conceptual de personas que durante años han conocido el tema de primera mano.

En tal sentido, la metodología focus group se adaptó adecuadamente al proyecto en esta instancia, correspondiendo con la riqueza que ha sido comprobada en diferentes ámbitos. Particularmente, se observa que en este proceso de validación, entre las tareas definidas en teoría, la metodología permitió: (1) Obtener realimentación de los participantes sobre preguntas de investigación, (2) Reconocer las experiencias cumplidas por los expertos en diferentes contextos de aplicación dentro de la misma área, (3) Realizar la evaluación inicial de la potencial solución a proponer, basado en el concepto de los expertos (usuarios), (4) Recopilar recomendaciones de lecciones aprendidas, e (5) Identificar potenciales rutas de refinamiento.

El método Delphi, empleado previo al debate permitió obtener un cúmulo de resultados cualitativos, lo que aportó elementos estructurales para el posterior debate y a la vez captar tendencias en los conceptos de los expertos.

Las reflexiones brindadas por los expertos promueven en los investigadores mayor certeza en los ajustes para la categorización de elementos que se propone, haciendo que la propuesta cuente con un amplio respaldo del proceso investigativo con el que se construye.

A partir de esta validación y una vez producidos los ajustes promovidos por los aportes consignados, se consideró que la propuesta MIE contaba con un nivel de maduración adecuado para ser puesta en funcionamiento, al servicio del marco de referencia para la elaboración de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje.

5.2 Validación de las guías de recomendación

Esta fase de evaluación del proyecto pretendió validar la consistencia y conformidad con respecto al modelo de estudiante que era posible obtener a partir de la aplicación de las guías de recomendación. Adicionalmente, la evaluación en esta instancia realmente estaba sometiendo a prueba el marco de referencia constituido, dado que (como en secciones previas se ha dado a conocer), las guías de recomendación condensan los demás productos generados durante el proceso investigativo.

Fue reconocido que las guías de recomendación se encontraban debidamente documentadas y en consecuencia los demás productos constitutivos del marco de referencia. Se conceptuó que uno de los problemas objeto de estudio, particularmente el nivel de complejidad en la abstracción y diseño del modelo de estudiante, a pesar de ser tratado por medio de la formalización de cada uno de los productos, podría mantener cierto grado de complejidad del lado de la compilación y uso de la documentación para aplicar el proceso de selección. En tal sentido el ánimo en la evaluación de las guías de recomendación se conformó en dos niveles: (1) Solución para la comprensión, presentación y uso de las guías de recomendación, y (2) Evaluación por parte de usuarios de las guías de recomendación.

5.2.1 Implementación de un sistema para las guías de recomendación

Tal como se especificó previamente, se consideró que un sistema informático contribuiría al adecuado uso de las guías de recomendación.

El Anexo G brinda las precisiones del proceso de implementación de tal sistema. Al igual que la información de acceso web.

5.2.1.1 Análisis de la actividad

La implementación del sistema de uso de las guías de recomendación de modelos de estudiante fue una actividad ágil y bien desarrollada, conservando criterios de usabilidad, seguridad, portabilidad y pertinencia.

La disposición en un entorno web facilita el acceso a la población objetivo (diseñadores instruccionales, pedagogos y tutores principalmente). Adicionalmente, las consideraciones de desarrollo brindan flexibilidad al producto de manera que es posible adaptarlo sin mayores inconvenientes a otros entornos.

5.2.2 Evaluación de las guías de recomendación

A partir de la construcción del sistema para desplegar y permitir el uso de las guías de recomendación de elementos en entornos web, fue posible lanzarla para que la comunidad pudiese inspeccionarla y brindar un criterio valorativo.

La evaluación contó con las siguientes características:

- Método: Evaluación por uso de la aplicación
- Instrumento: Cuestionario online con siete preguntas, empleando tipos de respuesta Si/No, escalas de 1 a 5, selección múltiple y respuesta abierta, incluye espacio de observaciones (Ver Anexo H)
- Población: Comunidad vinculada al uso de sistemas de aprendizaje VLE y particularmente personas que tengan experiencia o dominio en los campos del diseño instruccional, tutoría, pedagogía o implementación de sistemas VLE
- Muestra: Para establecer la muestra se hicieron cerca de 100 invitaciones directas a personas que correspondían con el perfil poblacional, adicionalmente se usaron invitaciones abiertas por medios masivos como las redes sociales, de modo tal que la muestra quedó constituida por las personas que efectivamente respondieron a la invitación en el periodo especificado de recolección

- Periodo: 10-23 de Abril de 2015
- Aplicación del instrumento: online
- Recursos necesarios para el personal: Acceso a internet

Mayores detalles sobre la estructura y diseño del cuestionario de evaluación se encuentran en el Anexo H.

5.2.3 Resultados

A nivel de resultados, se contabilizaron en el periodo de aplicación 33 registros, que brindan las siguientes respuestas (detalles específicos en el Anexo H):

Pregunta	Respuestas	Comentario
1	Promedio 4,5.	El promedio define un nivel alto de completitud en los conceptos de la aplicación
2	Si: 30, No: 3.	Se considera que la aplicación contribuye a reducir la complejidad del proceso instruccional
3	Si: 31, No:2.	Se considera que la aplicación es pertinente para asistir a diseñadores y desarrolladores de modelos de estudiante
4	Navegación intuitiva: 27, Navegación no intuitiva: 4 Es claro el propósito de cada actividad: 26; No es claro el propósito de cada actividad: 7 Si conocía los conceptos: 17; No conocía los conceptos: 16 Información precisa y suficiente: 27; información imprecisa e insuficiente: 0 Diseño visual adecuado:27, Diseño visual merece adecuarse: 5 Resultados satisfactorios: 28; Resultados insatisfactorios: 4	
5	Promedio 4.15.	Se considera un alto nivel de satisfacción con la aplicación
6	Promedio: 32 minutos.	Por debajo del tiempo estimado en las guías de recomendación
7	Perfil pedagogo: 19. Perfil tecnológico: 6. Perfil asistente informático: 1. Perfil tutor: 14. Perfil usuario: 15	

Tabla 5.1. Resumen de resultados de la encuesta aplicada.

5.2.4 Análisis de resultados

Los resultados expuestos en el apartado anterior permiten establecer que:

- Por lo anteriormente observado, se considera que las guías de recomendación, en calidad de elemento integrador del marco de referencia han tratado adecuadamente el dominio relacionado con el diseño del modelo de estudiante, particularmente la identificación y selección de elementos y técnicas para abastecerlo. Este tratamiento adecuado se verifica por la extensión temática de las consideraciones conceptuales involucradas en las guías de recomendación
- En términos generales se verifica que las guías de recomendación se reconocen como un producto que contribuye a reducir la complejidad inherente a la definición del modelo de estudiante, ya que a pesar de manejar gran cantidad de información, su disposición de selección permite administrarla en mejor manera, empoderando al diseñador sobre el dominio requerido
- Se ha especificado que las guías de recomendación son pertinentes para obtener los modelos de estudiante y esto es consecuencia directa del proceso de aplicación con el que fueron diseñadas
- Se generaliza la satisfacción con la presentación de las guías de recomendación, de forma que su estructura de navegación es adecuada y ligera para los procesos que debe cumplir
- Los tiempos de uso de la plataforma mejoraron ostensiblemente los estimados para las guías de recomendación. Esto se debe a que en la medida que la experiencia y nivel de dominio del usuario crece, más rápido puede tratar las guías de recomendación, ya que no se le hace necesario documentarse de cada uno de los conceptos expuestos
- Existen observaciones respecto a la experiencia de uso, las cuales enmarcan posibilidades de mejora en el sistema, guiadas hacia la creación de una documentación más amplia en relación al uso y contexto de las guías
- En cuanto a los reportes que entrega la aplicación, se cuenta con un documento en formato pdf con: (1) la síntesis de la configuración seleccionada por el diseñador, (2) el conjunto de elementos que virtualmente integrarán el modelo de estudiante, (3) el conjunto de métodos/ técnicas finalmente seleccionadas por el diseñador entre las recomendadas por acción de las guías y (4) la relación de fase de uso para tales técnicas. A partir de las sugerencias de los usuarios se trabaja en la ampliación de este informe con información adicional respecto a las posibilidades de uso para lo generado

5.3 Validación del marco de referencia con un estudio de caso

A continuación se presenta un estudio de caso abarcado con una investigación adicional por parte de un integrante del grupo, contando con la dirección del autor de esta tesis.

El objetivo de este estudio fue validar el marco de referencia propuesto para un caso específico, de manera que los insumos necesarios para abastecer el modelo de estudiante fuesen provistos desde los productos del mismo marco de referencia. Esta validación permitió identificar en correspondencia a las hipótesis 2 y 3 (apartado 1.2.2):

- La consistencia del proceso de modelado propuesto, de manera que permitiera elaborar un modelo de estudiante para el requerimiento concreto del estudio de caso
- La consistencia y completitud de las guías de recomendación de Modelos de Estudiante, propuestas dentro del marco de referencia
- La capacidad e integralidad del MIE para abastecer los elementos necesarios para constituir el modelo de estudiante en el estudio de caso

En este sentido, se desarrolló el proyecto de investigación titulado "Servicio para el Diagnóstico de Estilos de Aprendizaje en Entornos Virtuales de Aprendizaje" por parte de Néstor Fabián Peña Estrella y dirigido por Miguel Angel Mendoza Moreno y Carolina González Serrano [126]. Este estudio dio tratamiento a la siguiente pregunta: ¿De qué manera las técnicas de razonamiento aproximado posibilitan la función de diagnóstico del estilo de aprendizaje derivado de diferentes modelos y a partir de esto la asignación de materiales a las rutas instruccionales para el estudiante, de forma que se alcance adaptación a nivel de contenido en el EVA, se desacople tal funcionalidad y se disminuya la complejidad del diseño del sistema?.

El caso de estudio involucró las siguientes características:

- Los LMS como sistemas VLE no cuentan con funciones adaptativas propias, por cuanto sería deseable incluirlas
- Generalmente el diagnóstico de estilos de aprendizaje se emplea para identificar preferencias y estrategias para el proceso formativo del estudiante
- Existe un gran número de modelos e instrumentos de diagnóstico de estilos de aprendizaje, pero la mayoría de ellos se disponen de forma aislada al sistema (en su uso y diagnóstico)
- Las reglas de diagnóstico de un instrumento psico-técnico son inmodificables, so pena de hacer perder su validez y confiabilidad
- Es deseable que un LMS pueda ofrecer adaptación a nivel de contenidos y secuencias
- La definición de tales niveles de adaptación puede suplirse por medio de técnicas de razonamiento aproximado
- Dada la dificultad de modificar la estructura de un LMS, resulta destacable desacoplar funcionalidades por medio de servicios web

5.3.1 Tratamiento metodológico al estudio de caso

La investigación fue abarcada por medio del método científico aplicado a la ingeniería de software [127] y en la fase de construcción se empleó extreme Programming [11].

En el estudio, a partir del MIE y las guías de recomendación, se determinó la inclusión de los elementos representativos para los estilos de aprendizaje (Dada la extensión de la descripción, mayores precisiones se aprecian en el Anexo I) y a partir de ello se hizo un estudio que involucró 31 diferentes modelos y por medio de una etapa de selección centrada en la identificación de criterios de (1) disposición de instrumento, (2) disposición explícita del proceso de diagnóstico, (3) validez y confiabilidad del instrumento y (4) disposiciones para el uso sin restricción a nivel académico e investigativo, fueron estimados 7 modelos y 8 instrumentos particularmente para ser implementados.

A nivel tecnológico (Ver Figura 5.1) se implementó:

- Un servicio web para el diagnóstico de estilos de aprendizaje multi-instrumental
- Un servicio web para la recomendación de materiales educativos y determinador de secuencia

- Dos plugin tipo bloque para Moodle para desplegar las interfaces de selección y aplicación de los diagnósticos como una actividad más de la plataforma
- Desarrollo de redes bayesianas para determinar la recomendación de materiales que eran dotados de metadatos según la especificación LOM [128]
- Se desarrollaron y ajustaron materiales educativos en correspondencia con los requerimientos de los docentes de la asignatura en la que se aplicaría el caso

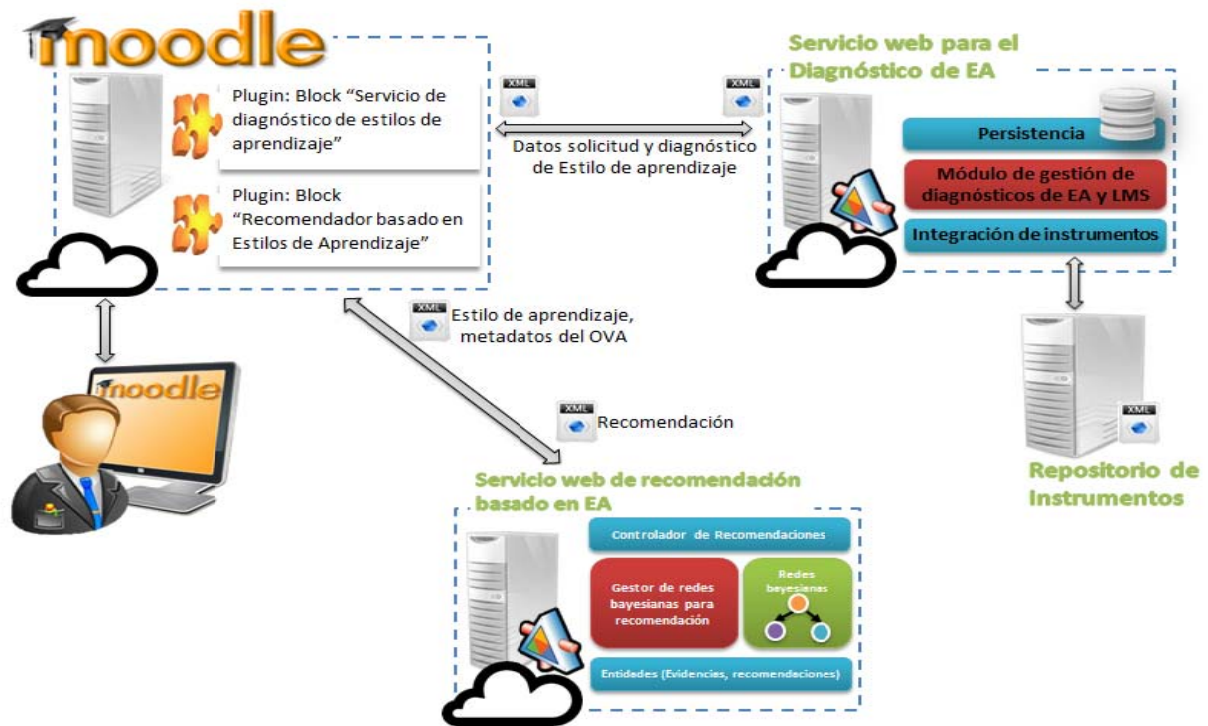


Figura 5.1. Arquitectura del sistema implementado. Fuente [126].

5.3.2 Evaluación de la aplicación del sistema

La plataforma fue dispuesta durante el primer semestre académico del año 2014 en los servidores de la Universidad del Cauca y fue empleada por dos grupos distintos de estudiantes de la asignatura Metodología de la investigación.

Debido a que la implementación era transparente para los estudiantes, es decir, ellos simplemente se encontraron al inicio del módulo temático con una actividad denominada "Instrumento de diagnóstico de estilos de aprendizaje" (la que les fue publicada porque el tutor hizo el proceso de selección de técnicas, soportado en las guías de recomendación en la fase del diseño instruccional de su curso), el cual

diligenciaron y posteriormente se encontraron con los materiales educativos con las actividades especificadas. De esta manera los estudiantes cumplieron con las actividades de su ruta instruccional y sólo al término de las sesiones cuando tenían espacios para reflexionar en grupo se percataron que tanto los materiales, como la manera en que les fueron provistos por el sistema, fueron diferentes de uno a otro estudiante. Se destaca que:

- Los estudiantes de manera generalizada no presentaron inconvenientes con la aplicación del instrumento
- Los estudiantes no verificaron dificultades destacadas en su interacción con el sistema
- Los estudiantes dieron tratamiento cotidiano a las actividades y materiales provistos por el sistema
- Los tutores no reportaron inconvenientes con el sistema y evidenciaron satisfacción total con el cumplimiento de objetivos
- Los tutores no tuvieron inconveniente cumpliendo en su diseño instruccional con el uso de la guía de recomendación que para tal fin fue ajustada
- Los tutores inspeccionaron los reportes de asignación y presentación de materiales y pudieron constatar la aplicación diferencial que el sistema automáticamente hizo respecto a los resultados de diagnóstico de estilos de aprendizaje realizados a cada estudiante
- Los tutores realizaron evaluaciones sumativas al término del módulo y determinaron que los logros cognitivos de sus estudiantes respecto al módulo fueron superiores al 75%, que comparados con los obtenidos para el mismo módulo en un curso del periodo inmediatamente anterior fueron ligeramente más altos
- El modelo de estudiante resultante fue útil para promover el planeamiento de las secuencias de instrucciones (rutas de acción didáctica) y virtualmente tendría la capacidad de soportar la argumentación que sustenta el estilo de aprendizaje de cada estudiante
- Tal como fue planteado y tratado el requerimiento en el estudio de caso, el modelo de estudiante constituido es de corto término, pero dado el contexto desde el cual surge (el MIE), la posibilidad de contar con la estructura de representación a nivel de bases de datos y un proceso bien definido, sin

inconveniente el modelo de estudiante puede escalarse a largo término, para lo cual el marco de referencia con seguridad soportaría ese proceso de reestructuración

De esta manera se especifica que el estudio de caso permitió establecer para el Marco de Referencia:

- Fue seguido el proceso de modelado propuesto dentro del marco de referencia, el cual condujo a la obtención de un modelo de estudiante concordante con los requerimientos adaptativos e instruccionales del estudio de caso (Anexo I)
- Las guías de recomendación permitieron de manera completa y adecuada identificar los elementos necesarios para el modelo de estudiante, así como la relación de métodos y técnicas adecuados para abastecer las características del estudiante dentro del estudio de caso. De hecho la investigación complementaria para la validación, permitió profundizar respecto a las técnicas para diagnosticar estilos de aprendizaje, de manera que fuese posible disponer de los mejores recursos para asistir al diseñador instruccional en función de la adaptación pretendida
- Según el requerimiento del diseñador instruccional, el MIE contó con la capacidad para tratar y abastecer los elementos requeridos para el estudio de caso, particularmente con la categoría "Características psicológicas y físicas" y sub-categoría "Estilos de aprendizaje"

5.4 Conclusiones

El proceso seguido para constituir tanto el Modelo Integral de Estudiante, como el modelado de estudiante y las guías de recomendación, fue riguroso, detallado y exhaustivo, prueba de ello reposa en los anexos de esta monografía; esto es un primer criterio que respalda la confiabilidad de lo propuesto. Ahora bien, se realizaron procesos de validación con personal externo al grupo de investigación tanto a nivel conceptual como experimental y entregan buenos resultados que apoyan la integridad de lo construido. Desde luego que en este punto no puede generalizarse que a partir de lo realizado, el Marco de Referencia quede íntegramente validado, pues el autor reconoce que debería cumplirse un proceso aún más exhaustivo de aplicación en diversos casos y contextos, de hecho la complejidad para esta situación definiría como intratable su experimentación en correspondencia con la

multiplicidad de sistemas de aprendizaje, funcionalidades adaptativas, teorías de aprendizaje, tipos de aprendizaje, categorías, sub-categorías y elementos, todos ellos considerados en este estudio.

La implementación tecnológica tanto de las guías de recomendación como de la plataforma para el diagnóstico y recomendación de estilos de aprendizaje son por sí mismos productos destacados que ameritan ser puestos en operación continuada, ya que efectivamente contribuyen a reducir la complejidad en la definición del modelo de estudiante y al uso de técnicas igualmente recomendadas.

Respecto a los resultados particulares, obtenidos para la solución tecnológica y su aplicación a un estudio de caso, la transparencia de las funcionalidades adaptativas tanto para el estudiante como el tutor, el seguimiento del proceso de modelado propuesto y la aplicación de las guías de recomendación, esto junto a la satisfacción de los estudiantes y tutores respecto a los logros cognitivos alcanzados, muestran beneficios y una valoración positiva a favor del marco de referencia. El hecho particular que describieron los tutores, respecto a una mejoría en los logros cognitivos de sus estudiantes en el módulo, cotejando los resultados de un periodo previo (en el que se hizo uso de un esquema blended presencialidad- plataforma virtual) con los de la aplicación propuesta, no permite emitir una declaración taxativa de haber constituido una solución que mejora los procesos educativos por medio del diagnóstico de estilos de aprendizaje y recomendación de materiales de estudio (modificados en contenido y secuencia), ya que faltaría replicar el caso para producir una generalización, pero sí permite definir que se puso a prueba la consistencia y capacidad de aplicación del Marco de Referencia a un caso particular y su funcionalidad fue mostrada con solvencia, de modo tal que al término, los elementos y las técnicas implementadas en los procesos de diagnóstico fueron adecuados para tratar el caso.

De otro lado, el Modelo Integral de Estudiante tiene un alto valor para el personal que participa del diseño instruccional, su riqueza radica en la visión holística que da a las características del estudiante y en el proceso que derivó la constitución de la taxonomía para su representación.

Capítulo 6

6. Resultados

El presente trabajo monográfico da cuenta de la constitución de un marco de referencia para guiar la elaboración de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje, integrado principalmente por: una propuesta de modelo integral de estudiante, una propuesta de proceso de modelado de estudiante y un conjunto de guías de recomendación.

Los procesos de evaluación permiten identificar conformidad, confiabilidad e integridad del marco de referencia, no obstante queda el espacio abierto a que estas variables puedan seguirse investigando, multiplicando los estudios valorativos.

Como es verificable en el contexto de aplicación de las guías de recomendación, estas fueron concebidas desde el principio del aprendizaje constructivista principalmente, no obstante, es posible extenderlo al dominio de otras teorías de aprendizaje, como es el caso de las 31 restantes tratadas en el Anexo E, las cuales fueron establecidas tomando como fundamento el estudio del proyecto HoTEL [129].

Respecto a la hipótesis 1 que especifica "Mediante la definición de un marco de referencia para el desarrollo de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje, es posible representar con mayor completitud sus elementos e identificar las técnicas más adecuadas", se puede afirmar respecto al indicador "completitud de los elementos en el modelo de estudiante" que los procesos de caracterización respaldan la extensión y profundidad en aras de tener una visión completa del contexto de los modelos de estudiante y específicamente sus

elementos constitutivos, razón por la cual no es ambicioso definir esta propuesta como Integral. Ahora bien, respecto al indicador "Identificación de técnicas adecuadas", se establece que cada una de las técnicas que fueron vinculadas al proceso de caracterización y que derivaron su integración en las guías de recomendación se encuentran respaldadas por estudios y documentación científica específica, que las validan como adecuadas para el contexto en que están siendo tratados.

Respecto a la hipótesis 2, que define "Un marco de referencia para el desarrollo de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje contribuye a reducir la complejidad inherente a la representación y diagnóstico del estudiante", el tratamiento de su variable e indicadores se respalda con los estudios que conformaron el marco teórico, el estado de arte, la caracterización de elementos, métodos, técnicas y proceso de modelado, de forma que queda claramente establecida la complejidad inherente al objeto de estudio. Ahora bien el formalismo, nivel documental y la validación permiten establecer que efectivamente fue tratada la complejidad tanto del proceso como del modelo y su reducción corrió por cuenta de la dinamicidad e implementación práctica dadas en la abstracción y organización de los productos generados. Es importante destacar que en su mayoría, las aproximaciones vinculadas al estudio permitían conocer diferentes casos de aplicación y validación de métodos y técnicas particulares, de manera que estos mismos fueron estudios base que determinaron su efectividad para poblar características del modelo de estudiante. Aún así, nótese que dentro de las guías de recomendación, los métodos y técnicas son presentados para la selección discrecional por parte del diseñador instruccional, con lo que se reconoce que a pesar de contar con estudios que respaldan su uso, ésta se someterá a las condiciones específicas de cada caso particular.

La hipótesis 3, define "Un marco de referencia reduce el esfuerzo y facilita el desarrollo de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje". El indicador de soportes del proceso de modelado es valorado por la documentación que acompaña el marco de referencia construido. En virtud a que el personal que diseña y desarrolla modelos de estudiante encuentre un proceso claramente definido, unas guías de recomendación ligadas a ese proceso y un modelo integral de estudiante que les provee las fuentes de recomendación debidamente documentado,

en ese sentido se considera que se está facilitando y reduciendo el esfuerzo para el desarrollo de modelos de estudiante. Debido a que no existía explícitamente un proceso formal con el que se soportara el diseño y desarrollo de modelos de estudiante, el marco de referencia propuesto directamente está impactando en la constitución de modelos sustentables y bien estructurados.

De esta forma, es posible establecer el cumplimiento de objetivos y el tratamiento positivo a cada una de las hipótesis descritas en el formalismo del estudio.

Capítulo 7

7. Conclusiones y trabajos futuros

El área de los sistemas adaptativos de aprendizaje y particularmente la línea de modelos de estudiante, a partir de la fecha cuentan con un importante recurso que contribuye al formalismo y adecuada ejecución de las actividades propias del diseño de modelos de estudiante.

Por sí misma, el área de estudio es compleja y tal vez esto se ha traducido en desarrollos informales de los modelos de estudiante, y si se encadenan conceptos como "el modelo de estudiante es esencial para suplir la adaptación del sistema de aprendizaje" con "una buena adaptación se logra con información real, actual y completa del estudiante", entonces se podría establecer que muchos desarrollos que se han realizado en el área ameritan ser revisados con detenimiento al ser cuestionable su modelo de estudiante, ya sea por la completitud o niveles de granularidad.

Con el presente estudio se identifica que la adaptación no está inmersa en ciertos sistemas de aprendizaje, sino que es una función a partir de la cual se hace necesario suplir acciones de complemento para sistemas que la quieren implementar, fundamentalmente se ha reconocido que la función adaptativa debe operar con los modelos de estudiante, adaptación, instruccional, contexto y dominio de conocimiento. De esta manera, sistemas de aprendizaje no adaptativos podrían en determinado caso convertirse en adaptativos al implementar dicha función. La actividad de validación del Marco de Referencia propuesto por medio de la implementación tecnológica en un caso de estudio, para lo cual se hizo intervención

de la plataforma Moodle, es un claro ejemplo del rango de posibilidades de implementación adaptativa, para sistemas que evidentemente no lo son.

El Modelo Integral de Estudiante ha sido propuesto a partir de la integración de múltiples elementos empleados en diferentes sistemas o definidos en distintas fuentes, con el objetivo de constituir la base sobre la cual la función adaptativa pueda desarrollarse de manera adecuada. La construcción de las guías de recomendación como ejercicio investigativo, permitió desarrollar diferentes estudios tendientes a identificar la relevancia de dichos elementos, respecto a Funciones adaptativas para el sistema de aprendizaje, Teorías de aprendizaje aplicables a la concepción didáctica de los cursos y Tipos de adaptación. A su vez, un estudio adicional permitió identificar el conjunto de métodos y/o técnicas que se relacionan directamente con la provisión de información a cada uno de tales elementos, logrando recomendar la fase de uso (inicialización o actualización) en que resulta adecuado ser empleadas. Como resultado particular en la abstracción de las guías de recomendación se hace posible identificar que existió una amplia correspondencia con la generalidad de ALS, ya que los elementos relacionados con el Nivel de Conocimiento del estudiante son los más requeridos para proveer acciones adaptativas; en virtud de las guías de recomendación es posible especificar que jerárquicamente, las siguientes categorías del MIE que más aportan elementos al proceso adaptativo, son en su orden: Aspectos Didácticos, Características Psicológicas y Físicas, Interacción con el Sistema, Trabajo Grupal y finalmente la categoría de Información Personal.

Ha quedado claro que necesariamente el proceso de modelado de estudiante debe expandir su alcance para dar cobertura a la fase de estructuración del modelo de estudiante. Al restringirlo a la alimentación del modelo (como históricamente se ha hecho) ha conducido a que tales modelos carezcan de formalismo y tal vez sustento estructural, lo que indica un grave problema que se multiplica con la relevancia que dicho modelo tiene para toda la operación adaptativa del sistema de aprendizaje. Es bien sabido que a nivel de ingeniería, un producto por sí mismo no tiene mayor valor, ni reconocimiento y menos improntas de calidad, pues el proceso es más importante, ya que reúne los saberes y experiencia en actos formales que se refrendan una y otra vez por su aplicación; este es el caso del proceso de modelado de estudiante, la ausencia de su declaración explícita, claramente definida y formalizada, conduce a que de facto los modelos de estudiante (sus productos) sean cuestionables. Con la

propuesta del proceso de modelado, que surge ligada a procesos paralelos e históricamente reconocidos como los del diseño instruccional, se subsanan las falencias detectadas y se reducirán de manera proporcional a la difusión y uso de este proceso.

El estudio de caso tratado en esta investigación, que pretendía evaluar la aplicación del marco de referencia y condujo al desarrollo de una buena estructura tecnológica, deja entre los análisis que el proceso de modelado de estudiante empleado se siguió conforme a su definición y resultó adecuado, fácil y concreto para los tutores (quienes debían hacer el diseño de sus cursos). Pero se halló una virtud adicional, para este caso se debían cumplir dos procesos, de un lado el ya citado proceso de modelado de estudiante y del otro un proceso de ingeniería de software, que como es sabido, debe iniciar con el levantamiento de requerimientos; pues bien, el modelado de estudiante fue una adecuada fuente de identificación de los requerimientos, de manera que el desarrollo del software resultó siendo más liviano y ágil. En este caso particular, el proceso de modelado entregó al diseñador información completamente pertinente, acertada y aplicable, lo que refrenda la adecuada propuesta del proceso.

A nivel práctico en la aplicación de las guías de recomendación (en el proceso de validación) se constató por medio de los registros de uso y configuración, que existe una relación lineal entre la cantidad de funcionalidades adaptativas seleccionadas, teorías de aprendizaje a vincular y tipos de adaptación a proveer, con la cantidad de elementos que llegan a ser requeridos para suplirlas, lo que ratifica el principio de la complejidad definido en la investigación. Así pues, las guías de recomendación se ajustan a las dimensiones que el diseñador instruccional pretenda brindar a su sistema de aprendizaje, pero él/ ella debe ser consciente del incremento en la complejidad para llegar a darles tratamiento en la implementación; lo cual no desvirtúa la pertinencia de las recomendaciones provistas por las guías de recomendación del Marco de Referencia propuesto.

Podría cuestionarse sobre el alcance que tiene el Marco de Referencia propuesto, al finalizar su proceso con la definición del conjunto de elementos para el modelo de estudiante y la relación de técnicas útiles para abastecerlos, de manera que se deseara que este marco cubriera etapas de construcción del sistema de aprendizaje

o del módulo de adaptación (que tal vez es el de mayor importancia para los ALS, después del modelo de estudiante). Esto sería interesante para su tratamiento en futuros proyectos.

Amplios debates se han suscitado al interior del grupo de investigación sobre la evaluación, particularmente en el caso que nos asiste, el interrogante es ¿cómo se evalúa un modelo de estudiante?. Dentro de las conclusiones que se han alcanzado, se especifica que no existen técnicas de valoración a priori para el diseño de un modelo de estudiante, de forma que el camino adecuado es evaluarlo sobre su operación in situ, en el sistema de aprendizaje para el que fue diseñado. No obstante se estima que a mediano plazo sería posible promover conjuntos de métricas (basadas en el proceso formal de modelado propuesto) que pudieran constituirse en una primera aproximación a la evaluación en etapa de diseño del modelo de estudiante.

Futuras investigaciones pueden soportarse en el aporte de esta tesis tratando los siguientes casos detectados:

- Construcción o adaptación de modelos ontológicos para la representación a nivel semántico del modelo integral de estudiante, haciendo uso de sistemas de razonamiento semántico
- Replicación de la validación de la plataforma tecnológica constituida a partir del tratamiento a otros elementos integrantes del MIE
- El Marco de Referencia propuesto brinda la base para que en virtud del Modelo Integral de Estudiante puedan diseñarse soluciones guiadas a establecer modelos de estudiante de largo término y multiplataforma, de forma que un mismo modelo de estudiante pueda servir simultáneamente a los propósitos adaptativos de distintos sistemas de aprendizaje
- Con la expansión de los modelos de estudiante abiertos, un amplio camino debe darse en términos de la interoperabilidad, derivando conceptos como modelos de estudiante portables, lo que haría pensar en múltiples opciones de personalización
- Internet de las cosas brinda amplias reflexiones respecto a la aplicabilidad del modelo de estudiante, de manera que el acceso universal a los recursos, los

modelos open- corpus y la seguridad, proveen amplias posibilidades investigativas

- Es necesario abordar estudios respecto a los términos de seguridad y certificación para los procesos de recolección, actualización, uso y vigencia de la información del estudiante, ya que evidentemente en la actualidad el avance tecnológico ha posibilitado que diferentes técnicas operen de manera intrusiva e implícita, recabando información que fácilmente puede quebrantar la intimidad del estudiante y por ende sus derechos civiles

Referencias

- [1] J. M. Sneha and G. S. Nagaraja, "Virtual Learning Environments-A Survey," *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)* vol. 4, p. 5, 2014/02/11/ 2014.
- [2] UNESCO, "El Futuro del Aprendizaje Móvil. Implicaciones para la planificación y formulación de políticas," W. M. Aprendizaje móvil, Ed., ed. París, Francia: UNESCO, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2013, p. 49.
- [3] M. Selinger, *et al.*, "Education and the Internet of Everything," CISCO 2013.
- [4] (2015, Febrero 22). *e-Learning 2015: retos y perspectivas*. Available: <http://www.americlearningmedia.com/edicion-036/406-tendencias/6288-e-learning-2015-retos-y-perspectivas->
- [5] I. Cruces, *et al.*, "Student modeling services for hybrid web applications," in *UMAP 2010*, Big Island of Hawaii, USA, 2010, pp. 1-12.
- [6] A. Al-Hmouz, *et al.*, "Enhanced learner model for adaptive mobile learning," Paris, France, 2010, pp. 783-786.
- [7] R. Oppermann and K. Rossen Rashev, "Adaptability and Adaptivity in Learning Systems," Human Computer Interactions Institute, Sankt Augustin, GERMANY1997.
- [8] A. Finkelstein, *The Future of Software Engineering*: ACM, 2000.
- [9] C. Serrano. (2005, 30 de Mayo 2012). *Modelo Integral para el Profesional en Ingeniería (2 ed.)*. Available: <http://www.unicauca.edu.co/~cserrano>
- [10] K. Schwaber and J. Sutherland, "The Scrum Guide™," Scrum.org2013.
- [11] K. Beck, *Extreme Programming Explained: Embrace Change*, US ed ed.: Addison-Wesley Professional, 1999.
- [12] B. E. Florian Gaviria, "Technology-Enhanced Support for Lifelong Competence Development in Higher Education," PhD Doctoral Thesis, Instituto de Informática y Aplicaciones, Universitat de Girona, Girona, España, 2012.
- [13] V. J. Shute and D. Zapata-Rivera, "Adaptive Educational Systems," in *Adaptive Technologies for Training and Education*, ed: Cambridge University Press, 2012, pp. 7-27.
- [14] M. Piotrowsk, "Document-Oriented E-Learning Components," Doctoral, Fakultät für Informatik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Magdeburg, 2009.
- [15] I. A. Becta, "An introduction to learning platforms," Becta- British Educational Communications and Technology Agency2005.
- [16] D. Bri, *et al.*, "A Study of Virtual Learning Environments," *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*, vol. 6, p. 11, 2009.
- [17] M. Rouse, "Web-based training (e-learning)," in *TechTarget* vol. 2015, SearchSOA.com, Ed., ed: Pro+, 2015.

- [18] M. N. Escobar Guzmán and F. Gómez Jaramillo, "Comentarios propositivos sobre la teoría crítica," *E-mail Educativo; Currículo y Medios Tecnológicos*, vol. 1, p. 14, 2008/06/04/ 2008.
- [19] Educause. (2015, May 25). *Massive Open Online Course (MOOC)*. Available: <http://www.educause.edu/library/massive-open-online-course-mooc>
- [20] R. Rocha, *et al.*, "Análisis de modelos de dominio, modelos de contexto y modelos de instrucción para el aprendizaje adaptativo- Proyecto SUMA," 2008.
- [21] M. Area Moreira and J. Adell Segura, *e-Learning: Enseñar y Aprender en Espacios Virtuales*. Málaga, España: Ediciones ALJIBE, 2009.
- [22] S. Kroop, *et al.*, *Responsive Open Learning Environments* vol. 26. London, 2015.
- [23] D. E. Stone and G. Zheng, "Learning Management Systems in a Changing Environment," in *Handbook of Research on Education and Technology in a Changing Society*, ed: IGI Global, 2014, p. 13.
- [24] E. B. Durán, *et al.*, "Ontological Model-driven Architecture for Ubiquitous Learning Applications," 2014, pp. 14:1-14:6.
- [25] S. Gómez, *et al.*, "Context-aware adaptive and personalized mobile learning delivery supported by UoLmP," *Current Advances in Digital Learning Technologies*, vol. 26, pp. 47-61, 2014/01// 2014.
- [26] A. Al-Hmouz, *et al.*, "A Machine Learning Based Framework for Adaptive Mobile Learning," in *Advances in Web Based Learning - ICWL 2009, 8th International Conference*, Aachen, Germany, 2009, pp. 34-43.
- [27] D. Jea Cho and M. Woo Hong, "A Design of Ontology Context Model in Ubiquitous Learning Environments " in *12th WSEAS International Conference on COMPUTERS*, Heraklion, Greece, 2008, pp. 844-848.
- [28] S. E. Gómez Ardila, "Learning design implementation in context-aware and adaptive mobile learning," Doctoral, Universitat de Girona. Departament d'Arquitectura i Tecnologia de Computadors, Universitat de Girona, 2013.
- [29] N. Sonwalkar, "Adaptive Learning Technologies," *Educause Center for Applied Research*, vol. 2005, p. 11, 2005.
- [30] S. Mescan, "The Philosophy of E-Learning," *Progressive Information Technologies. Information Architects for Publishing*, 2008.
- [31] Y. Ramírez, "Los estilos de aprendizaje como factor de calidad en eLearning," *Etica Net*, vol. 9, p. 21, Abril de 2010 2010.
- [32] M. Albert and M. Zapata, "Estrategias de aprendizaje y eLearning. Un apunte para la fundamentación del diseño educativo en los entornos virtuales de aprendizaje. Consideraciones para la reflexión y el debate. Introducción al estudio de las estrategias y estilos de aprendizaje," *RED. Revista de Educación a Distancia. Universidad de Murcia*, p. 12, 2008.
- [33] L. Nguyen and P. Do, "Learner Model in Adaptive Learning," *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 45, p. 6, 2008.
- [34] L. Aroyo, *et al.*, "Interoperability in Personalized Adaptive Learning," *Educational Technology & Society*, vol. 9, p. 15, 2006.
- [35] E. Gaudioso, "Contribuciones al Modelado del Usuario en Entornos Adaptativos de Aprendizaje y Colaboración a través de Internet Mediante Técnicas de Aprendizaje Automático," Ph.D., Dpto. de Inteligencia Artificial. , UNED, Madrid., 2002.
- [36] European Commission, "2005-06 Work Programme," *Information Society Technologies*, 2006.
- [37] P. Brusilovsky and C. Peylo, "Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 13, p. 14, 2003.

- [38] A. Canales, *et al.*, "Adaptive and intelligent web based education system: Towards an integral architecture and framework " *Expert Systems with Applications*, vol. 33, p. 14, 2007.
- [39] P. Brusilovsky, "Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education," in *Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching*. vol. 4, C. Rollinger and C. Peylo, Eds., ed: Künstliche Intelligenz, 1999, p. 6.
- [40] E. Gaudioso and M. Montero. (2006, 04 de Septiembre de 2011). Adaptable and Adaptive web-based Educational Systems. 3. Available: <http://www.igi-global.com/viewtitlesample.aspx?id=13093>
- [41] T. Helander, *et al.*, "Intelligent Tutoring Systems," in *Handbook of Human-Computer Interaction*, E. S. B. V, Ed., ed, 1997, p. 34.
- [42] P. Brusilovsky and M. T. Maybury, "From adaptive hypermedia to the adaptive web," *Commun. ACM*, vol. 45, pp. 30-33, 2002.
- [43] A. Paramythis and S. Loidl-Reisinger, "Adaptive Learning Environments and e-Learning Standards," *Electronic Journal on e-Learning*, vol. 2, p. 14, 2004.
- [44] P. De_Bra, *et al.*, "AHAM: A Dexterbased Reference Model for Adaptive Hypermedia," *Proceedings of the ACM Conference on Hypertext and Hypermedia*, p. 10, 1999.
- [45] C. Arteaga, *et al.*, "Soporte Adaptativo al Aprendizaje Colaborativo e Individual (ASCIL): Un concepto Integral," *Instituto de Informática y Aplicaciones. Universitat de Girona*, p. 10, 2003.
- [46] E. Vasilyeva, *et al.*, "Knowledge Management Challenges in Web-Based Adaptive e-Learning Systems," presented at the Proceedings of I-KNOW '05, Graz, Austria,, 2005.
- [47] D. Fernández, *et al.*, "Modelo del usuario para la personalización de contenidos- Proyecto Suma," 2008.
- [48] A. Kobsa, *et al.*, "Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships," *The Knowledge Engineering Review*, vol. 16, pp. 111-155, 2001.
- [49] P. Brusilovsky, "Adaptive Hypermedia," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 11, pp. 87-110, 2001/03// 2001.
- [50] V. García, "Personalisation in Adaptive E-Learning Systems. A Service Oriented Solution Approach for Multi-Purpose User Modelling Systems," Doctorado, Computer Science, Institute for Information Systems and Computer Media (IICM). Graz University of Technology, Graz, 2007.
- [51] M. Specht and D. Burgos, "Implementing Adaptive Educational Methods with IMS Learning Design," *Adaptive Hypermedia 2006*, 2006.
- [52] Q. Li, *et al.*, "Learner Model in Adaptive Learning System," *Journal of Information & Computational Science*, vol. 7, p. 9, Mayo 2010 2010.
- [53] M. F. Verdejo, "Building a Student Model for an Intelligent Tutoring System," in *Student Modelling: The Key to Individualized Knowledge-Based Instruction*, J. Greer and G. McCalla, Eds., ed Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1994, p. 16.
- [54] C. Fröschl, "User Modeling and User Profiling in Adaptive e-learning Systems. An approach for a service-based personalization solution for the research project AdeLE (Adaptive e-learning with Eye-Tracking)," Master, Institute for Information Systems and Computer Media (IICM), Graz University of Technology, Graz, 2005.
- [55] V. Esichaikul, *et al.*, "Student Modelling in Adaptive E-Learning Systems," *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal*, vol. 3, p. 14, 2011.
- [56] M. Feng, *et al.*, "Student Modeling in an Intelligent Tutoring System," in *Intelligent Tutoring Systems in E-learning Environments: Design, Implementation and Evaluation*, ed: Hershey, PA: Information Science Reference, 2010, pp. 208-236.

- [57] M. Moreno, "Modelado del Estudiante para un Ambiente de Aprendizaje de Lecto/Escritura," Maestría, Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México, 2002.
- [58] IEEE, "IEEE P1484.1/D6, 2000-11-14. Draft Standard for Learning Technology - Learning Technology Systems Architecture (LTSA)," in *Public and Private Information (PAPI) for Learners (PAPI Learner)*, ed. New York: IEEE, 2000, p. 171.
- [59] I. Global_Learning_Consortium. (2001, 31). *IMS Learning Information Package*. Available: <http://www.imsglobal.org/profiles/>
- [60] IEEE. (2009, 02 de Septiembre). *IEEE Learning Technology Standards Committee*. Available: <http://ieeeltsc.wordpress.com/>
- [61] ISO and IEC. (2012, 24 Marzo 2012). *ISO/IEC JTC 001/SC 36 "Information technology for learning, education and training"*. Available: <http://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=8917700&objAction=browse&sort=name>
- [62] ISO and IEC. (2012, 24 Marzo 2012). *ISO/IEC JTC 001/SC 36/WG 03 "Learner information"*. Available: <http://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=8918567&objAction=browse&sort=name>
- [63] ISO and IEC. (2004, 24 Marzo 2012). *Information technology -- Participant Identifiers*. Available: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=38921
- [64] European_Telecommunications_Standards_Institute, "ETSI EG 202 325- Human Factors (HF); User Profile Management," ed. Sophia Antipolis Cedex - FRANCE: ETSI, 2005, p. 100.
- [65] European_Telecommunications_Standards_Institute, "ETSI TS 102 747 Architectural Framework," in *Human Factors (HF); Personalization and User Profile Management*, ed. Sophia Antipolis Cedex - FRANCE: ETSI, 2009, p. 44.
- [66] A. Kobsa, "Generic user modeling systems," in *The adaptive web*, P. Brusilovsky, et al., Eds., ed: Springer-Verlag, 2007, pp. 136-154.
- [67] V. Ponsada, et al., "Los tests adaptativos informatizados: investigación actual," *Metodología de las Ciencias del Comportamiento*, p. 6, 2004 2004.
- [68] J. Jovanović, et al., "Dynamic Assembly of Personalized Learning Content on the Semantic Web," in *The European Conference on the Semantic Web, ESWC*, Budva, Montenegro, 2006, p. 15.
- [69] E. Millán, "Sistema bayesiano para modelado del alumno," Doctorado, Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, Universidad de Málaga, Málaga, 2000.
- [70] E. Ragnemalm, "Student diagnosis in practice; Bridging a gap," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 5, p. 23, 1995.
- [71] L. Aroyo and G.-J. Houben, "Personalization on the Web of Data and New Paradigms for Distributed and Open User Modeling," in *WebSci10: Extending the Frontiers of Society On-Line*, Raleigh, NC: US, 2010.
- [72] J. Aguilar. (2004, February 22, 2015). El diseño de instrucción. 30. Available: <http://ares.unimet.edu.ve/programacion/psfase3/modII/biblio/D1evolucion.pdf>
- [73] (2012, March 2). *Instructional Design Models*. Available: http://www.instructionaldesigncentral.com/htm/IDC_instructionaldesignmodels.htm
- [74] H. Gonzalez, "Modelo Dinámico del Estudiante en Cursos Virtuales Adaptativos Utilizando Técnicas de Inteligencia Artificial," Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellin, 2009.
- [75] L. Zaitseva and C. Boule, "Student Models in Computer-Based Education," 2003, pp. 451-451.

- [76] N. D. Duque Méndez, "Modelo Adaptativo Multi-Agente para la Planificación y Ejecución de Cursos Virtuales Personalizados," Doctoral Thesis Doctoral Thesis, Escuela de Sistemas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2009.
- [77] J. Velez, "Entorno de Aprendizaje Adaptativo soportado por un Modelo de Usuario Integral," Doctorado, Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, Universidad de Girona, 2009.
- [78] A. Aleksieva-Petrova and M. Petrov, "ADOPTA model of learner and educational game structure," Vienna, Austria, 2011, pp. 636-640.
- [79] A. Peña, "Un modelo del estudiante basado en mapas cognitivos," Doctorado, Instituto Politécnico Nacional, México, D. F. , 2008.
- [80] P. Paredes, "Una Propuesta de Incorporación de los Estilos de Aprendizaje a los Modelos de Usuario en Sistemas de Enseñanza Adaptativos," Doctorado, Escuela Politécnica Superior, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2008.
- [81] J. McDonald and J. Timonen, "How could pedagogy make a choice between personalized learning systems?," p. 12, 2005.
- [82] Z. Cataldi and F. Lage, "Modelado del Estudiante en Sistemas Tutores Inteligentes," *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, p. 10, 2004.
- [83] H. González, *et al.*, "Modelo del Estudiante para Sistemas Adaptativos de Educación Virtual," *III Congreso Colombiano de Computación*, 2008.
- [84] J. Bravo, "Propuesta de una Metodología para la Evaluación de Cursos Hipermedia Adaptativos," Doctorado, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, 2010.
- [85] P. Brusilovsky, "Developing Adaptive educational Hypermedia Systems: From Design Models to Authoring Tools," *T. Murray. S. Blessing, & S. Ainsworth (Eds.). Authoring tools for advanced technology learning environment.*, p. 33, 2003.
- [86] H. Alvarez, *et al.*, "Metodología para determinar atributos y métricas de calidad en sistemas hipermedia adaptativos educativos basados en estilos de aprendizaje," *Revista Educación*, vol. 29, p. 12, 2005.
- [87] A. Paramythis, *et al.*, "Layered evaluation of interactive adaptive systems: Framework and Formative Methods," *User Model User-Adap Inter*, vol. 20, p. 71, 28 Noviembre 2010 2010.
- [88] C. Conati and A. Bunt, " Student Modeling for Open Learning Adaptive Hypermedia," *Proceedings of the IASTED International Conference. Web Based Education*, 2004.
- [89] U. Rueda, *et al.*, "Análisis y Comparación de Modelos de Estudiante Abiertos," *IEEE-RITA*, vol. 6, p. 9, Febrero 2011 2011.
- [90] G. Méndez, "Una Arquitectura Software Basada en Agentes y Recomendaciones Metodológicas para el Desarrollo de Entornos Virtuales de Entrenamiento con Tutoría Inteligente," Doctorado, Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2008.
- [91] O. Sitthisak, *et al.*, "Transforming a competence model to assessment items," *Learning Societies Lab, School of Electronics and Computer Science, University of Southampton*, p. 10, 2008.
- [92] L. van_Velsen, *et al.*, "User-centered Evaluation of Adaptive and Adaptable Systems," *Faculty of Behavioural sciences, Institute for Behavioural Research. Department of Technical and Professional Communications*, p. 5, 2009.
- [93] U. Milosevic and B. Bredeweg, "From Qualitative Reasoning Models to Bayesian-based Learner Modeling," *QR2010: 24th International Workshop on Qualitative Reasoning*, p. 6, 2010.

- [94] P. Brusilovsky and E. Millan, "User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems," in *The adaptive web*, P. Brusilovsky, et al., Eds., ed: Springer-Verlag, 2007, pp. 3-53.
- [95] T.-Y. Lin, "Cognitive Trait Model for Adaptive Learning Environments," Doctor of Philosophy in Information System, Massey University, Palmerston North, New Zealand, 2007.
- [96] J. Self, "Open Sesame?: Fifteen Variations on the Theme of Openness in Learning Environments " *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 10, pp. 350-364, 1999.
- [97] P. De_Bra, et al., "Adaptive hypermedia: from systems to framework," *ACM Comput. Surv.*, vol. 31, pp. 12-12, 1999.
- [98] S. Bull, et al., "Methods and Specification for the Student Model V1," European Union's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013)2011.
- [99] K. VanLehn, "Student Modeling," in *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*, M. C. Polson and J. J. Richardson, Eds., ed: Lawrence Erlbaum Associate publishers, 1988, pp. 55-78.
- [100] R. Allen, "User models: theory, method, and practice," *International Journal Man-Machine Studies*, vol. 32, pp. 511-543, 1990/05// 1990.
- [101] Y. Gong, et al., "How to construct more accurate student models: comparing and optimizing knowledge tracing and performance factor analysis," *Int. J. Artif. Intell. Ed.*, vol. 21, pp. 27-45, 2011/01// 2011.
- [102] K. J. O'Malley, et al. (2011, Overview of Student Growth Models. 18. Available: http://docsfiles.com/pdf_overview_of_student_growth_models.html
- [103] N. Stash, "Incorporating Cognitive/Learning Styles in a General-Purpose Adaptive Hypermedia System," Doctoral, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, Netherlands, 2007.
- [104] K. R. Koedinger, et al., "Automated Student Model Improvement," 2012.
- [105] J. C. Stamper, "Automating the Generation of Student Models for Intelligent Tutoring Systems," in *The 13th International Conference on Artificial Intelligence in Education, AIED 2007*, Los Angeles, California, USA, 2007, pp. 701-702.
- [106] A. Peña and J. Sossa, "Educación Basada en Web, Modelo del Estudiante y Mapas Cognitivos: Estado de Arte," Instituto Politécnico Nacional2004.
- [107] J. Kay, et al., "Personis: A Server for User Models," in *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems*, P. D. Bra, et al., Eds., ed: Springer Berlin Heidelberg, 2006, pp. 203-212.
- [108] A. Kobsa and J. Fink, "An LDAP-based User Modeling Server and its Evaluation," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 16, pp. 129-169, 2006/05// 2006.
- [109] P. Brusilovsky, et al., "User modeling in a distributed e-learning architecture," 2005, pp. 387-391.
- [110] M. Bielikova and J. Kuruc, "Sharing user models for adaptive hypermedia applications," in *5th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, 2005. ISDA '05. Proceedings*, 2005, pp. 506-511.
- [111] J. Moreno, et al., "Hacia una taxonomía en la educación asistida por computador," *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 5, pp. 27-36, 2012/02/15/ 2010.
- [112] R. Sison and M. Shimura, "Student Modeling and Machine Learning," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 9, pp. 128-158, 1998.
- [113] M. Pluke, et al., "Personalization and User Profile Management for Public Internet Access Points (PIAPs)," presented at the 20th International Symposium on Human Factors in Telecommunication, Sophia-Antipolis, France, 2006.
- [114] D. P. Ausubel, et al., *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*, 2a ed. 1983, reimpresión 2003 ed. Mexico: Trillas, 2003.

- [115] M. A. Moreira, *et al.*, "Aprendizaje significativo: un Concepto Subyacente," in *Encuentro Internacional sobre el aprendizaje significativo*, Burgos, España, 1997, pp. 342 (17-45).
- [116] J. Piaget, *El nacimiento de la inteligencia en el niño* | *Planeta de Libros*, 1971.
- [117] G. A. Kelly, *A Theory of Personality: The Psychology of Personal Constructs*, Copyright 1963 edition ed. USA: W. W. Norton & Company, 2013.
- [118] A. Kozulin, "Thinking and speech. L. Vygotsky. In R. Rieber & A. Carton (Eds.), The collected works of Lev Vygotsky, Vol. 1 (N. Minick, Trans.). New York: Plenum, 1987. Pp. v + 285," *Applied Psycholinguistics*, vol. 11, pp. 123-127, 1990/03// 1990.
- [119] P. N. Johnson-Laird, *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1986.
- [120] J. D. Novak and R. W. Tyler, *A Theory of Education*. Ithaca: Cornell University Press, 1986.
- [121] B. Gowin, *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1987.
- [122] D. Hueva, *et al.*, "The Potential for Open Learner Models in Adaptive Virtual Learning Environments," in *TUMAS-A Workshop (Towards User Modeling and Adaptive Systems for All) 2009*, Inglaterra, 2009, pp. 11-20.
- [123] S. Bull and J. Kay, "Student Models that Invite the Learner In: The SMILLI Open Learner Modelling Framework," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 17, pp. 89-97, 2007.
- [124] I. H. Hsiao, *et al.*, "Open Social Student Modeling: Visualizing Student Models with Parallel Introspectiveviews," 2011, pp. 171-182.
- [125] J. Kontio, *et al.*, "Using the Focus Group Method in Software Engineering: Obtaining Practitioner and User Experiences," 2004, pp. 271-280.
- [126] N. F. Peña Estrella, "Servicio para el Diagnóstico de Estilos de Aprendizaje en Entornos Virtuales de Aprendizaje," Pregrado-Ingeniería de Sistemas Investigación, Ingeniería de Sistemas, Universidad del Cauca, Popayán, 2014.
- [127] J. Kontio, "Software Engineering Risk Management: A Method, Improvement Framework and Empirical Evaluation," Doctor of Science in Technology, Department of Computer Science and Engineering, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland, 2001.
- [128] IEEE, "Final LOM Draft Standard," in */WG12 ed: IEEE LTSC 2002*.
- [129] H. p. Holistic Approach to Technology Enhanced Learning. (2015, March, 26). *Learning theories map*. Available: <http://hotel-project.eu/content/learning-theories-map-richard-millwood>

Modelos de Usuario y Sistemas Adaptativos de Aprendizaje

Miguel A. Mendoza M., PhD(c) Ciencias de la Electrónica, Universidad del Cauca (Colombia). *Docente Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*, Carolina González S., PhD en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, Universidad de Vigo (España), *Docente Universidad del Cauca (Colombia)*

Resumen—El desarrollo tecnológico ha permitido ofrecer soluciones en el campo educativo por medio del e-learning y recientemente con el área TeL (Technology enhanced Learning). A la fecha se registran múltiples aplicaciones y dispositivos que apoyan los procesos educativos, pero desde la óptica investigativa, se hace necesario ver de forma holística el área educativa, de manera que la incursión tecnológica tenga que involucrar los preceptos pedagógicos y psicológicos intervinientes en la formación integral del estudiante. Esto ha llevado a que se analice con mayor detenimiento al estudiante con una visión integral frente a los sistemas de información en los que desarrolla su proceso formativo. A su vez, los sistemas adaptativos de aprendizaje promueven un esquema formativo personalizado a las características de cada estudiante. En tal propósito, en el presente documento se analizan los modelos de estudiante que representan la caracterización de este usuario frente al sistema, con respecto a los sistemas adaptativos de aprendizaje, promoviendo al término la propuesta de un modelo integral de representación del estudiante.

Abstract—Technological development provides solutions for the educational field through e-learning and Technology enhanced Learning area (TeL). To date, many applications and devices support educational processes, but, since researching, it is necessary to treat holistically the educational field. So, technological developments must to consider

Artículo registrado el 9 de Abril de 2014. Miguel A. Mendoza M. es apoyado por Colciencias 567-2012 y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Miguel A. Mendoza M. se encuentra adscrito al Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería del Software (IDIS) de la Universidad del Cauca, a su vez es docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ingeniería, UPTC, Av. Central del Norte, Tunja, Colombia (e-mail miguel.mendoza@uptc.edu.co).

Carolina González S. es docente titular adscrita al grupo de Investigación en Inteligencia Computacional del Departamento de Sistemas de la Universidad del Cauca. Edificio de Ingenierías, sector Tulcán, oficina 424, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia (e-mail cgonzals@unicauca.edu.co).

the pedagogical and psychological topics to obtain a comprehensive training for the student. That situation has permit to analyze in a better and comprehensive way the student for the learning information systems that she will use. In turn, adaptive learning systems promote a personalized training scheme corresponding to each student's characteristics. For this, the document presents an analysis of student models to represent their characteristics from the system, regarding adaptive learning systems. It promotes an approach to a comprehensive model to represent each student.

Lista de términos— Instrucción Asistida por Computador, Modelo de Estudiante, Sistemas Adaptativos de Aprendizaje, Tecnologías de apoyo al Aprendizaje.

Index Terms— Adaptive Learning Systems, Computer aided instruction, Learner Model, Technology enhanced Learning.

I. INTRODUCCIÓN

EL crecimiento exponencial que ha tenido la Ingeniería de Software le ha permitido especializar sus dominios conduciéndose desde las "buenas prácticas" hacia los terrenos de los "procesos formales" con un alto grado de rigurosidad científica. El análisis y diseño de sistemas de información ha permitido estructurar de mejor manera la labor del personal vinculado a la Ingeniería de Software y en tal propósito ha tomado amplia relevancia el análisis de los usuarios y su experiencia frente al sistema [1].

Es obvio que todo sistema de información debe centrar su funcionalidad en el usuario; así, si se trata de un sistema de aprendizaje, ese usuario es el estudiante, quien desde los preceptos pedagógicos es el actor principal del proceso educativo [2], por consiguiente el equipo de desarrolladores de sistemas educativos debe rigurosamente conocer a este actor desde la perspectiva pedagógica y

psicológica (ciencias educativas) en lugar de la perspectiva tecnológica (ciencias computacionales); ésta ha sido una debilidad detectada en muchos sistemas de aprendizaje. Ahora bien, si el sistema de aprendizaje es de tipo adaptativo, el proceso de caracterización del estudiante debe ser más elaborado, pues la información que sea integrada al modelo de estudiante es la base fundamental para que el proceso de adaptación sea efectivo. Esta situación es el eje central en el tratamiento del presente documento, generado como un producto de la investigación a nivel doctoral titulada "Marco de Referencia para la Elaboración de Modelos de Estudiante en Sistemas Adaptativos de Aprendizaje".

En la siguiente sección se presentará el contexto explicativo de los sistemas adaptativos de aprendizaje, los tipos de adaptación y los modelos de estudiante. Posteriormente se presenta la propuesta del Modelo de Estudiante Integral resultante del avance investigativo de los autores. Se finaliza con las conclusiones sobre lo tratado.

II. SISTEMAS ADAPTATIVOS DE APRENDIZAJE Y MODELOS DE ESTUDIANTE

En el presente apartado se brindan los conceptos fundamentales del estudio, a fin que la propuesta posteriormente presentada sea de fácil entendimiento.

A. Sistemas Adaptativos de Aprendizaje

La innovación tecnológica ha brindado a los procesos educativos elementos adecuados para dinamizar las actividades del ciclo de generación del conocimiento. Para tal fin se conjugan los preceptos pedagógicos con los modelos de representación y tratamiento de las actividades del estudiante en sistemas desarrollados dentro del área de e-learning.

En este sentido, Peter Brusilovsky¹ - autoridad en la disciplina objeto de estudio-, destaca que la gran área del e-learning que da tratamiento a los procesos que giran en torno a la interacción de los actores educativos (estudiante, tutor, entorno) corresponde a los Sistemas Educativos Adaptativos e Inteligentes Basados en Web (Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems -AIWBES) [3], [4]. AIWBES dota al sistema educativo de

técnicas provenientes de tres vertientes, a saber: (i) Adaptativas, (ii) Inteligencia y (iii) Web- inspiradas [5]; bajo su clasificación se encuentran los Sistemas Educativos Adaptativos Basados en Web [6] (Adaptive Web-based Educational Systems- AW-bES), los Sistemas Hipermedia Adaptativos Educativos [7] (Adaptive Educational Hypermedia Systems -AEHS), los Sistemas Educativos Basados en Web [4] (Web-based Educational Systems -WBES) y los Sistemas Tutoriales Inteligentes [8] (Intelligent Tutoring Systems- ITS).

Es posible determinar en la anterior clasificación que cualquiera de los sistemas puede incluir técnicas de cualquier vertiente, para cumplir funciones ya sea de: (i) Hipermedia Adaptativa, (ii) Filtrado de Información Adaptativa, (iii) Monitoreo Inteligente, (iv) Aprendizaje Colaborativo Inteligente o, (v) Tutoría Inteligente. El sistema determina su nivel de adaptabilidad cuando "busca ser diferente para diversos estudiantes y grupos, tomando en cuenta información acumulada en sus modelos de representación" [5]; mientras que los Sistemas Inteligentes particularmente vinculan técnicas del campo de la Inteligencia Artificial (Artificial Intelligence-AI) para proveer un soporte más amplio y mejor para los procesos de modelado del estudiante, diálogo en lenguaje natural, modelado cognitivo, evaluaciones, entre otros temas [9] (figura 1).

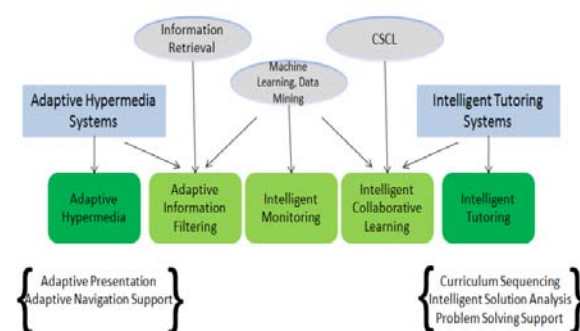


Fig. 1. Tecnologías AIWBES Integradas. Fuente: el Autor adaptando [3]. Relación de funcionalidades y tecnologías para la operación de los sistemas AIWBES.

A partir de la anterior clasificación, los sistemas AIWBES se han descrito abiertamente como Sistemas Adaptativos de Aprendizaje (en adelante ALS), dejando implícita la tecnología de apoyo a la navegación web y la posibilidad de vincular técnicas del campo de la Inteligencia Artificial. La literatura relacionada evidencia que los ALS (ya sea de las técnicas adaptativas, web-based y/o inteligentes), está compuesto funcionalmente por cinco (5) modelos [10]:

¹ Peter Brusilovsky, Docente *School of Information Sciences and Intelligent Systems Program*. Universidad de Pittsburgh, Áreas de investigación: Sistemas Adaptativos Basados en Web, Hipermedia Adaptativa, Computación social y Web Social, Sistemas Tutores Inteligentes y Shells, Modelamiento de Usuario y Estudiante, Interfaces Adaptativas, e-Learning Personalizado. URL: <http://www.sis.pitt.edu/~peterb/>

Dominio, Contexto, Pedagógico, Adaptación y Estudiante, que se tratarán brevemente a continuación.

El modelo de Dominio especifica el diseño conceptual del sistema por medio de la estructura del conocimiento (unidades temáticas y conceptos), la estructura del diseño instruccional (rutas instruccionales) y el enlace entre el conocimiento y el diseño instruccional.

El modelo de Contexto hace referencia a las características ambientales en que el sistema está operando.

El modelo Pedagógico (Instruccional) corresponde a las especificaciones propias de la didáctica con la cual se ha realizado el planeamiento curricular (instruccional).

El modelo de Adaptación contiene la lógica con la cual se produce la adaptación del sistema al estudiante.

El modelo de Estudiante recopila la información propia del usuario, sus datos personales, datos de uso y datos de entorno [11].

De esta manera, un ALS orquesta cinco modelos específicos para proporcionar su funcionalidad, siendo destacado que el modelo de estudiante es el que reviste la mayor importancia, pues el modelo de adaptación se abastecerá de su información para promover materiales y actividades acordes a los modelos restantes, pero correspondientes al nivel e intensidad que amerita cada estudiante.

B. Tipos de Adaptación

Brusilovsky [12] define que en los sistemas adaptativos inicialmente la decisión de adaptación se fundamentaba básicamente en las características del usuario abstraídas en el modelo de usuario, sin embargo él mismo hace la actualización de su concepto apoyado en lo definido por Kobsa [13] clasificando tres enfoques de adaptación: (1) Basada en la información del usuario, (2) basada en la información de uso y (3) basada en la información del entorno.

La adaptación basada en la información del usuario corresponde al reconocido y tal vez principal objetivo de adaptación, el usuario y sus características. La adaptación basada en información de uso corresponde a la interacción del usuario con el sistema que no se puede resolver con las características del usuario. Finalmente la adaptación basada en la información del entorno relaciona la información del contexto que no es propia del usuario.

De otro lado, el mismo Brusilovsky [12] desde la perspectiva de los AEHS especifica una taxonomía que incluye dos áreas de

adaptación (Figura 2): (1) Adaptación a nivel de contenido o presentación adaptativa y (2) Adaptación a nivel de enlaces o soporte a la navegación adaptativa. A su vez, la presentación adaptativa se subdivide en adaptación de texto (adaptación del texto conservado y adaptación de lenguaje natural), adaptación multimedia y adaptación de modalidad, mientras que el soporte a la navegación adaptativa fue subdividido en ocultamiento de enlaces, clasificación, anotación, guía directa y la adaptación del mapa hipertexto.

García [14] define un esquema de clasificación de métodos adaptativos a partir de tres dimensiones básicas: (1) entidades adaptables, tales como el contenido de aprendizaje, selección de material y rutas instruccionales o anotaciones; (2) rasgos personales del estudiante como el conocimiento previo, preferencias o intereses individuales; (3) razones de la personalización, caso tal del modelo de preferencia, compensación de los déficit de conocimiento o incremento de la eficiencia ergonómica. A su vez el mismo autor hace una abstracción de la propuesta [15] con cuatro categorías: (1) secuenciamiento adaptativo, (2) interfaces incrementales, (3) presentación adaptativa y (4) soporte a la navegación adaptativa.

Adicionalmente, García [14] concreta su propia propuesta de personalización para los sistemas E-Learning Adaptativos (Adaptive e-Learning -AEL) (por él denominados) con tres categorías: (1) Presentación referida a la intra e inter relación de objetos de aprendizaje, (2) Interacción referida al acceso, presencia y activación adaptable de materiales y (3) Composición que corresponde a la escalabilidad de estructuras adaptables en correspondencia con la Figura 3.

C. Modelo de Estudiante

Como se ha indicado, ALS mantiene su interés por constituir sistemas que puedan personalizarse con las características de cada estudiante. Esta premisa se ha constituido en una bandera con la que se han realizado diversos desarrollos en el mundo con respecto a los modelos de estudiante, que esencialmente pretenden captar la información característica del estudiante, junto con la derivada de su interacción con el sistema al cumplir su proceso formativo.



Fig. 2. Tipos de adaptación clásica. Esta tipificación fue establecida para sistemas de aprendizaje representados fundamentalmente en esquemas web y centrados en el nivel de conocimiento del estudiante (Fuente: [12]).

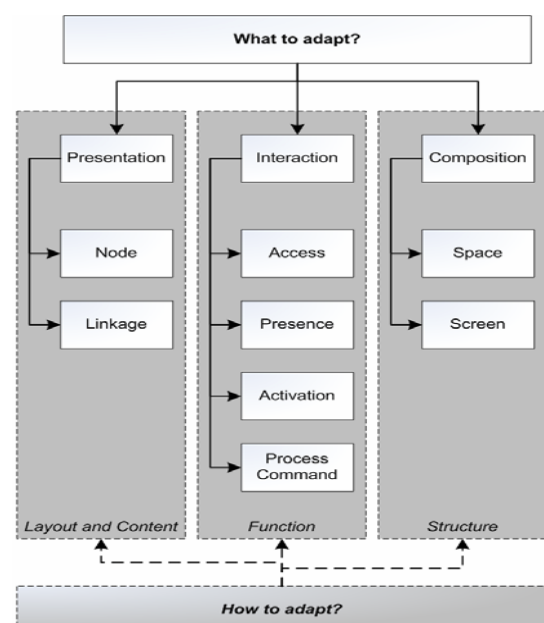


Fig. 3. Taxonomía para Adaptive E-Learning. De una forma más genérica se definen los elementos de un sistema e-Learning adaptativo (Fuente: [14]).

Dependiendo del sujeto del dominio, los modelos de estudiante pueden crearse con sub-modelos pertenecientes a uno de dos tipos [16]: (i) Información específica del dominio (escalar, superposición, error, genético,

conocimiento primario, registros de actividades, registros de valoraciones y evaluaciones) o, (ii) Información independiente del dominio (objetivos, actitudes cognitivas, estado motivacional, datos históricos y factuales, bagaje y experiencias, e inclusive las derivadas de las ocho (8) inteligencias múltiples). Los componentes que constituyen el modelo de estudiante describen los objetos y los procesos en términos de relaciones espaciales, temporales y causales [17]. La literatura científica muestra que los modelos de estudiante cuentan con un nivel de madurez garantizado por los esfuerzos investigativos de cerca de tres décadas. Sus características, atributos y fundamentos [18] los posiciona dentro del núcleo de la representación en los diferentes sistemas de aprendizaje.

III. REFLEXIONES SOBRE EL PROCESO DE MODELADO DE ESTUDIANTE

Ya ha quedado establecida la relevancia de los modelos de estudiante para los ALS, ahora se analizan las características de estos modelos a la fecha.

Como precepto pedagógico se establece que mientras mejor se conozca al estudiante, mejor se pueden surtir procesos adaptativos, pero modelos de estudiante con muchos elementos a caracterizar elevan la complejidad de su implementación y uso.

De la completitud de la información existente en el modelo de estudiante depende la precisión con que los demás modelos (dominio, contexto, pedagógico y adaptación) promuevan materiales instruccionales y actividades educativas al usuario en aras de alcanzar los objetivos educativos. El modelado de estudiante (entendido como el proceso con el que se surte la información para el modelo de estudiante) deseablemente debe ser ejecutado en forma dinámica y automática, de modo que la información se adapte de la manera más transparente posible.

El proceso de modelado de estudiante cuenta con dos fases: (i) inicialización, empleando técnicas como aplicación de cuestionarios específicos, test adaptativos informatizados [19-20], pruebas iniciales o estereotipado al realizar correlación de perfiles [16] y (ii) actualización [21], para mantener vigente la información al inspeccionar el comportamiento del estudiante durante su interacción con el sistema.

La investigación desarrollada, ha permitido establecer amplias diferencias entre los modelos de estudiante de distintos ALS

destacando: el reducido número de sistemas que basan sus modelos de estudiante en estándares, modelos desarrollados a la medida, distintos niveles de granularidad para los elementos considerados, diferencias semánticas entre elementos con una misma denominación en modelos diferentes, diferenciación en las unidades de información para los elementos e inexistente posibilidad de inter-operar un modelo de estudiante hacia otros ALS.

Todos estos elementos y procesos producen que los modelos de estudiante se doten de una alta complejidad tanto en su abstracción, representación, diseño, ejecución y mantenimiento [22], de forma que múltiples aportaciones no hacen parte del terreno formal y por tanto se desconocen para su aplicación. Tal complejidad hace que nuevos desarrollos se priven (ya sea por desconocimiento o simplicidad) de elaborar un modelo de estudiante completo y adecuado, lo que conduce a que ciertos niveles de caracterización del estudiante no sean tenidos en cuenta, afectando el nivel de eficiencia del proceso adaptativo.

IV. HACIA UN MODELO DE ESTUDIANTE INTEGRAL

A partir de lo tratado en la sección previa, se establece la necesidad de promover una aproximación basada en un Modelo de Estudiante Integral, con la que los diseñadores de ALS puedan identificar con facilidad los distintos elementos de los que pueden surgir el modelo de estudiante requerido para su ALS.

En tal propósito, fue guiado un proceso investigativo con las siguientes actividades:

1. Identificación de las fuentes en las que se definen los elementos para conformar modelos de estudiante.
2. Identificación de elementos considerados para el modelo de estudiante a partir de diferentes fuentes.
3. Generación de una propuesta de categorización y definición de elementos necesarios para el modelo de estudiante.
4. Validación de la propuesta.

Respecto a la primera actividad, se identificaron cuatro (4) fuentes de definición de elementos, a saber: Fuentes teóricas, Sistemas Implementados, Estándares y Ontologías.

En la segunda actividad, las distintas fuentes

produjeron: Fuentes teóricas aportaron 7 categorías; 27 Sistemas Implementados aportaron 28 elementos característicos de sus modelos de estudiante; se inspeccionaron 7 estándares que aportaron 14 elementos; 3 ontologías que aportaron 17 elementos. Acto siguiente fue tratada la diferencia terminológica y semántica por medio de procesos de síntesis y mapeo, produciendo una versión de la propuesta de modelo integral, la cual se sometió a la actividad de validación.

El proceso de validación se cumplió en tres (3) etapas fundamentalmente: (i) Evaluación de expertos empleando cuestionarios individuales y tablas de observaciones; (2) Evaluación de expertos de manera grupal empleando la técnica Focus Group [1] y (3) Evaluación por aplicación a un estudio de caso, en la que se usó la propuesta para apoyar la construcción del modelo de estudiante en un proyecto de investigación guiado a diagnosticar estilos de aprendizaje para soportar la adaptación de material instruccional en un curso específico.

Dada la extensión de los documentos descriptores de la aproximación del Modelo de Estudiante Integral, generada en la investigación, se muestra el modelo por medio de la figura 4 que lo expone a nivel de categorías y sub-categorías. Mayores precisiones pueden alcanzarse en los reportes de avance de investigación [23].

V. RESULTADOS

Es necesario aclarar al lector que el proyecto de investigación que ha permitido dar a conocer el Modelo de Estudiante Integral, asume este resultado como un producto parcial, ya que el objetivo del proyecto es generar un Marco de Referencia para guiar la elaboración de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje. En este sentido, luego de definir el Modelo de Estudiante Integral se hace necesario establecer procedimientos formales para estructurar el proceso de modelado de sus elementos constitutivos, desarrollar una estructura de representación para implementar el modelo y finalmente formalizar el marco de referencia.

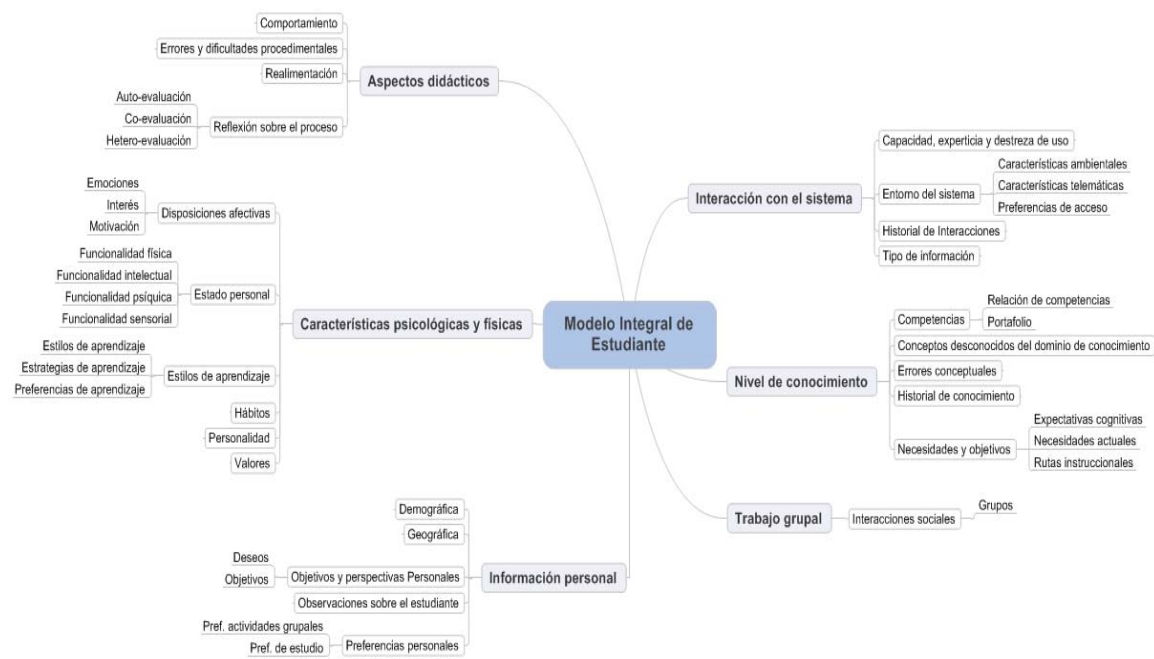


Fig. 4. Propuesta de Modelo de Estudiante Integral. Esta figura abstrae la propuesta de Modelo de Estudiante Integral visualizando los niveles de categorías y subcategorías.

Es destacable que los procesos de validación del Modelo de Estudiante Integral han establecido que:

- Su definición permite una interpretación no-ambigua de los términos empleados para representar los elementos.
- La estructura definida en categorías, subcategorías y elementos permite una fácil lectura, navegación e identificación de los elementos requeridos por los diseñadores del modelo de estudiante.
- La estructura del modelo permite identificar con claridad los niveles de granularidad deseados para el modelo.
- Se verifica una completa cobertura de las características multidimensionales del estudiante.
- Se considera que aporta mayores criterios para representar adecuadamente al estudiante frente al sistema.

De la misma manera, se han registrado observaciones como la necesidad de contar tanto con una guía de uso como con una solución tecnológica para implementar el modelo. Estas observaciones se perciben como adecuadas, dado que se corresponden con las siguientes etapas de la investigación, que se han descrito previamente.

VI. CONCLUSIONES

La propuesta de Modelo de Estudiante Integral ha surgido como respuesta a las necesidades detectadas en el campo de los Sistemas Adaptativos de Aprendizaje, fundamentada en el requerimiento de eliminar las discrepancias semánticas entre elementos definidos en distintos modelos de estudiante, al igual que diferencias terminológicas y niveles de granularidad, con lo que se posibilita reducir la complejidad en el diseño por parte del personal desarrollador.

Se considera que el uso del Modelo de Estudiante Integral para guiar el desarrollo de modelos de estudiante posibilitará en el mediano plazo contar con un conjunto de ALS que puedan ejecutar procesos de interoperabilidad entre sus modelos de estudiante, dada la conformidad a nivel terminológica y semántica, no obstante esto dependerá de implementaciones tecnológicas guiadas a tal fin, como es el caso de los modelos ontológicos.

Según la taxonomía descrita de tipos de sistemas de aprendizaje, se considera que la propuesta de Modelo de Estudiante Integral de forma plausible puede ser empleada en cualquiera de ellos, incluso en los Entornos Virtuales de Aprendizaje como los Sistemas de Gestión de Aprendizaje (LMS por sus siglas en inglés).

Se considera que la propuesta generada es aplicable en cualquier caso de los tipos de adaptación, ya que el Modelo de Estudiante

Integral provee los elementos básicos para implementar la información base para ejecutar la lógica de adaptación en el modelo del mismo nombre del ALS.

Aunque claramente la propuesta presentada corresponde a un producto propio del proceso investigativo descrito, es posible usarla para guiar el diseño de modelos de estudiante. Ahora bien, se prevé que en la ejecución de las actividades restantes dentro del proceso investigativo, se presenten artefactos más simples y claros para su aplicación dentro del desarrollo para ALS.

REFERENCIAS

- [1] M. Mendoza Moreno, *et al.*, "Focus Group como Proceso en Ingeniería de Software: Una Experiencia desde la Práctica," *Dyna*, vol. 80, pp. 51-60, Octubre de 2013 2013.
- [2] C. M. Reigeluth, "Teoría instruccional y tecnología para el nuevo paradigma de la educación," *Revista de Educación a Distancia (RED)*, vol. 32, p. 22, 2012.
- [3] P. Brusilovsky and C. Peylo, "Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 13, p. 14, 2003.
- [4] A. Canales, *et al.*, "Adaptive and intelligent web based education system: Towards an integral architecture and framework " *Expert Systems with Applications*, vol. 33, p. 14, 2007.
- [5] P. Brusilovsky, "Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education," in *Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching*. vol. 4, C. Rollinger and C. Peylo, Eds., ed: Künstliche Intelligenz, 1999, p. 6.
- [6] E. Gaudioso and M. Montero. (2006, 04 de Septiembre de 2011). Adaptable and Adaptive web-based Educational Systems. 3. Available: <http://www.igi-global.com/viewtitlesample.aspx?id=13093>
- [7] L. Nguyen and P. Do, "Learner Model in Adaptive Learning," *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 45, p. 6, 2008.
- [8] T. Helander, *et al.*, "Intelligent Tutoring Systems," in *Handbook of Human-Computer Interaction*, E. S. B. V, Ed., ed, 1997, p. 34.
- [9] H. Chad. (2006, 30 de Agosto de 2011). Intelligent Tutoring Systems: Prospects for Guided Practice and Efficient Learning. *Institute for Creative Technologies. University of Southern California*, 11. Available: <http://people.ict.usc.edu/~lane/papers/ITSProspectsLane-Aug06.pdf>
- [10] L. Aroyo, *et al.*, "Interoperability in Personalized Adaptive Learning," *Educational Technology & Society*, vol. 9, p. 15, 2006.
- [11] P. Paredes, "Una Propuesta de Incorporación de los Estilos de Aprendizaje a los Modelos de Usuario en Sistemas de Enseñanza Adaptativos," Doctorado, Escuela Politécnica Superior, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2008.
- [12] P. Brusilovsky, "Adaptive Hypermedia," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 11, pp. 87-110, 2001/03// 2001.
- [13] A. Kobsa, *et al.*, "Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships," *The Knowledge Engineering Review*, vol. 16, pp. 111-155, 2001.
- [14] V. García, "Personalisation in Adaptive E-Learning Systems. A Service Oriented Solution Approach for Multi-Purpose User Modelling Systems," Doctorado, Computer Science, Institute for Information Systems and Computer Media (IICM). Graz University of Technology, Graz, 2007.
- [15] M. Specht and D. Burgos, "Implementing Adaptive Educational Methods with IMS Learning Design," *Adaptive Hypermedia 2006*, 2006.
- [16] C. Fröschl, "User Modeling and User Profiling in Adaptive e-learning Systems. An approach for a service-based personalization solution for the research project AdeLE (Adaptive e-learning with Eye-Tracking)," Master, Institute for Information Systems and Computer Media (IICM), Graz University of Technology, Graz, 2005.
- [17] L. Viera, *et al.*, "Las redes bayesianas como alternativa predictora en el perfeccionamiento del modelado del estudiante," *VI Congreso Internacional de Informática en Salud*, 2007.
- [18] A. Peña, "Student model based on psychological models," *World Conference on Educational Sciences 2009*, p. 5, 3 Enero 2009.
- [19] V. Ponsada, *et al.*, "Los tests adaptativos informatizados: investigación actual," *Metodología de las Ciencias del Comportamiento*, p. 6, 2004 2004.
- [20] J. Jovanović, *et al.*, "Dynamic Assembly of Personalized Learning Content on the Semantic Web," in *The European Conference on the Semantic Web, ESWC*, Budva, Montenegro, 2006, p. 15.
- [21] E. Millán, "Sistema bayesiano para modelado del alumno," Doctorado, Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, Universidad de Málaga, Málaga, 2000.
- [22] E. Ragnemalm, "Student diagnosis in practice; Bridging a gap," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 5, p. 23, 1995.
- [23] M. A. Mendoza M., "Categorización de Elementos para Conformar Modelos de Estudiante en Sistemas Adaptativos de Aprendizaje," Universidad del Cauca, Popayán, Colombia 2012.

FOCUS GROUP COMO PROCESO EN INGENIERÍA DE SOFTWARE: UNA EXPERIENCIA DESDE LA PRÁCTICA

FOCUS GROUP AS A SOFTWARE ENGINEERING PROCESS: AN EXPERIENCE FROM THE PRAXIS

MIGUEL MENDOZA MORENO

PhD(c) in Electronic Sciences, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, miguel.mendoza@uptc.edu.co

CAROLINA GONZÁLEZ SERRANO

PhD in Information and Communications Technologies, Universidad del Cauca- Colombia, cgonzals@unicauca.edu.co

FRANCISCO J. PINO

PhD in Computer Sciences, Universidad del Cauca- Colombia, fjpino@unicauca.edu.co

RESUMEN: La investigación en Ingeniería de Software es un área relativamente nueva. Recientemente se han comenzado a usar métodos empíricos para soportar las diferentes etapas del proceso de desarrollo software. Este es el caso de grupos focales (Focus Group), un método validado con suficiencia en áreas relacionadas como ciencias sociales, de la salud, psicología, administrativas, entre otras. El presente artículo propone un proceso debidamente estructurado para la aplicación de focus group en Ingeniería de Software como técnica de evaluación de resultados y lo aplica a un caso específico de investigación en el proceso de modelado de estudiante en Sistemas Adaptativos de Aprendizaje (Adaptive Learning Systems – ALS). Los resultados obtenidos demuestran los beneficios y desafíos en la utilización del método de grupos focales en el estudio de caso propuesto.

PALABRAS CLAVE: Focus Group. Métodos empíricos de investigación. Ingeniería de Software.

ABSTRACT: Software Engineering research is a relatively new area. Recently, empirical research methods are more and more being used to support the different stages in a software development process. This is the case of focus group, a method that has been extensively used in other areas such as social sciences, medicine, psychology, management, etc. This paper proposes a properly structured process to apply focus group in Software Engineering, as a technique to evaluate results. The process has been demonstrated in a case study on Student Modeling in Adaptive Learning Systems. The results provided evidence on the benefits and challenges of using focus group in the proposed case study.

KEYWORDS: Focus Group, Empirical research methods, Software Engineering.

1. INTRODUCCIÓN

La Ingeniería de Software (IS) ha cumplido su proceso de madurez partiendo de la abstracción de soluciones tecnológicas a necesidades puntuales, seguida por el uso de esquemas de gestión y continuando con la especificación de guías bien estructuradas, todo esto para que la producción de software sea un conjunto de procesos controlados, repetibles, eficientes y de escala industrial [1]. En este sentido, los ingenieros han dividido su mirada entre estos campos, subestimando el análisis y los resultados científicos [2]. Sin embargo, actualmente se ha vinculado la inspección de métodos, técnicas, lenguajes y herramientas, antes de ser usados, de manera que sea posible determinar a priori si un proceso de desarrollo puede conducir a resultados

satisfactorios, lo que ha permitido a la IS abrir sus puertas al nivel científico.

Históricamente ha sido común verificar en la IS el escalamiento de técnicas particulares hacia las denominadas "buenas prácticas", para que éstas sean sometidas al juzgamiento de comunidades de desarrolladores a fin de llegar a convertirse en recomendaciones y en determinados casos estándares "de jure". Al tomar la IS la connotación de disciplina de carácter científico, asume dos objetivos principalmente [3]: (1) incrementar el conocimiento para entender la razón y efectos de sus componentes y (2) mejorar sus prácticas para que sus resultados de investigación puedan corresponder a las expectativas de uso social.

En correspondencia, desde una perspectiva reciente, en IS los investigadores han comenzado a explorar métodos empíricos y sistemáticos apropiados para esta área a fin de incrementar la disposición de recursos para un adecuado desarrollo y validación de los productos propuestos. Este aspecto pretende que sea cada vez más cercana la posibilidad de definir y masificar el uso de métodos formales para promover la eficiencia de la industria del software.

Particularmente, dentro del campo de los métodos empíricos de investigación científica se encuentra el método Focus Group, que surgió del entorno de las ciencias de la sociología y psicología donde inicialmente las entrevistas salieron del contexto individual hacia el grupal, abriendo el espacio de interacción de participantes en debates focalizados [4]. Bajo este esquema, actualmente se ha ampliado su uso a campos como el de marketing y negocios en general, pretendiendo conservar la riqueza ya comprobada de su aplicación. En tal sentido, Focus Group debe tomar una estructura que le garantice el control del proceso de debate, sin hacer perder la espontaneidad de los participantes, de forma que es deseable: (1) conformar grupos de discusión cuyo tamaño sea de 3 a 12 integrantes y (2) una ejecución de la sesión guiada por una clara y bien dimensionada planeación; mayores detalles sobre las características de Focus Group se pueden encontrar en [5]. Este método ofrece como resultado información principalmente de tipo cualitativo, lo que debe corresponderse con una ejecución objetiva del proceso de análisis de la información y reporte de resultados, a fin de reducir el impacto de las imprecisiones en la interpretación.

Es un hecho que en IS -al igual que en la mayoría de ingenierías- son deseables los métodos cuantitativos, debido a la facilidad para la interpretación de los resultados y la ágil definición de rutas de acción [6]; sin embargo este hecho no desvirtúa la necesidad de los métodos cualitativos en la misma disciplina, ya que procesos como la elicitación y la validación, eminentemente deben captar información que en mayor medida procede de fuentes como los stakeholders. En este sentido, es notorio que Focus Group bien puede emplearse individualmente o de manera complementaria a otros métodos. Además, como se ha destacado en secciones previas, el uso de Focus Group condensa una gran experiencia en diversas áreas (no solo centradas en la ingeniería), lo

que respalda su consistencia, validez y extensibilidad.

Este documento presenta un proceso que ha sido diseñado con el objetivo de guiar la aplicación de Focus Group en el contexto de la IS. Además se muestra la aplicación del proceso propuesto en un caso real para validar un producto generado al interior de un proyecto de investigación. A partir de los resultados obtenidos, el proceso propuesto bien podría replicarse en otras áreas.

Además de esta introducción, el artículo en la sección 2 expone los trabajos que se relacionan con la propuesta. La sección 3 muestra la estructura de Focus Group y a partir de ella la definición del proceso que constituye la propuesta. La sección 4 presenta la aplicación del proceso a un caso particular y finalmente la sección 5 expone las conclusiones y promueve trabajos futuros.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

Algunos estudios que abordan la aplicación del método Focus Group en IS son:

- En [7] se usa Focus Group para determinar el nivel de conciencia de la comunidad de desarrolladores de software sobre los cambios en el proceso de producción, en relación al trabajo colaborativo.
- En [8] se especifica un framework para captar y analizar la información derivada de Focus Group en relación con el tipo de información generada, métodos cuasi-estadísticos y análisis de conversaciones.
- En [9-10] se utiliza Focus Group y se especifica una taxonomía de técnicas fundamentales para la etapa del levantamiento de información en IS.
- En [11-12] se aplica el método para el desarrollo de sistemas organizacionales.
- En [13] se emplea el método para identificar características de usabilidad respecto a un sitio web institucional.
- En [14] se identifica el complemento de técnicas alternas a Focus Group para asistir procesos investigativos.
- En [15] se describe un análisis sobre la validez en la aplicación de métodos empíricos en IS.

Es notoria la existencia de estudios basados en el uso del método Focus Group en diferentes campos de la IS. Sin embargo, del análisis de estos trabajos se puede evidenciar que no ha sido definido un proceso que incluya la abstracción de actividades, tareas, actores y productos de trabajo que guíe u oriente la aplicación sistemática de este método en la Ingeniería del Software, siendo este el objetivo y aporte del presente artículo.

3. FOCUS GROUP EN INGENIERÍA DE SOFTWARE

A continuación se presentan las características y procedimientos del método Focus Group. Adicionalmente se describe el proceso propuesto por los autores con el fin de brindar las guías para que este método pueda ser aplicado de manera sistemática en el área de IS.

3.1 Contexto de Focus Group

Focus Group "es un método empírico de investigación, rentable y rápido para obtener información cualitativa y realimentación (desde un grupo específico), el cual se puede utilizar en varias fases y tipos de investigación" [9]. Este método es valorado por su capacidad de promover resultados con la sinergia que se genera entre los participantes cuando consultan y explican unos a otros. Focus Group promueve el consenso y la diversidad entre participantes y permite comparar experiencias y puntos de vista [4]. Además Focus Group posee características que ameritan especial tratamiento: (1) la producción de interacciones focalizadas, (2) el grado de intervencionismo que pueda tener el moderador en la generación de los datos y (3) el impacto del propio grupo sobre tales datos.

De acuerdo con [5, 9] la aplicación de Focus Group resulta adecuada para: (1) obtener realimentación de los participantes sobre preguntas de investigación o nuevos conceptos, (2) explorar experiencias pasadas que puedan estudiarse con mayor detalle empleando otros métodos, (3) realizar la evaluación inicial de potenciales soluciones, basado en los practicantes o usuarios, (4) recopilar recomendaciones de lecciones aprendidas o generar ideas, (5) identificar o priorizar potenciales raíces que derivan un fenómeno, (6) obtener realimentación sobre la manera en que los modelos o conceptos son presentados o registrados, y (7) descubrir importantes motivaciones. Sin embargo, Focus Group es un método que no se

recomienda para tratar temas sensibles al conjunto de participantes, ya que estos generarían predisposición al debate [5].

Por lo anterior, queda expuesta la posibilidad que Focus Group sea empleado como método independiente o alterno, válido para investigaciones en áreas como la IS.

3.2 Estructura Teórica del Método

En esta sección se presenta la estructura procedimental de Focus Group [5], compuesta por las siguientes fases:

1. Planeamiento de la investigación. Pretende establecer los alcances para la aplicación del método y la posibilidad de cumplirlos.
 - Definición del problema de investigación. Basado en preparar el material que será parte esencial del Focus Group, incluyendo el protocolo, agenda, tipo de debate, instrumentación del debate, agendamiento y demás.
2. Diseño de grupos de discusión. Basado en caracterizar y definir las estrategias de selección del o los grupos de discusión. El adecuado diseño debe evitar que los participantes sesguen o promuevan conclusiones parcializadas al grupo.
 - Selección de participantes. Es posible crear hasta 6 grupos de discusión y el número de integrantes por cada grupo puede oscilar entre 3 y 12 participantes. La experiencia sugiere que grupos con bajo número de participantes tienden a ser más participativos. Deben definirse criterios de selección de participantes.
 - Segmentación. Estrategia definida para generar los subgrupos.
3. Conducción de las sesiones del Focus Group. Especificaciones procedimentales para la ejecución del o los debates.
 - Secuencia básica. Un debate puede tardar hasta 3 horas, para lo cual se tiene predefinida una agenda y una estructura. El moderador debe iniciar la sesión definiendo los objetivos y reglas de participación, para luego proceder a presentar cada uno de los temas. El moderador puede hacer uso de diferentes técnicas para guiar la discusión, como lluvia de ideas,

encuestas, votaciones, método Delphi [16], juegos de comparación o juegos de roles; existe una diversidad de herramientas que pueden emplearse para guiar la discusión [17].

- Captura de Información. Registros de respaldo a partir de técnicas como observadores adicionales tomando notas, audio o video.
- Rol del Moderador. El moderador debe facilitar la discusión e impedir que sus opiniones generen influencia sobre los participantes, sus intervenciones deben conducir a alcanzar la profundidad requerida en la discusión.

4. Análisis de la Información y Reporte de Resultados. Pueden emplearse métodos de análisis de información cualitativa o cuantitativa, empleando estadística descriptiva o métodos estándar de tipo cuantitativo.

3.3 Proceso Propuesto para aplicar Focus Group en Ingeniería de Software

El proceso propuesto pretende proveer organización a la aplicación de Focus Group dentro de la IS como método útil para validar propuestas teóricas a partir del juicio de expertos, de quienes su experiencia promueve conceptos de alto valor para aceptarlas o desestimarlas. Esta propuesta pretende formalizar la aplicación de Focus Group para el área de IS mediante la definición de un proceso que brinda los elementos necesarios (fases, actividades, tareas, roles y productos de trabajo) para guiar y facilitar su aplicación y gestión. A continuación se describe el proceso propuesto en términos de roles, diagramas de actividad y productos de trabajo.

3.3.1 Roles

Los roles vinculados en las diferentes instancias del proceso son:

- Grupo Investigador. Conjunto de investigadores que abordan una temática específica, soportados en la aplicación de Focus Group.
- Moderador. Actor del Grupo Investigador que coordina el debate, sin influenciar las opiniones de los participantes, y controla la sesión para evitar dispersión y pérdida del contexto.
- Relator. Actor encargado de ejecutar la captura y registro de información.
- Participante. Actor que aporta su criterio en el debate. Preferentemente, deben ser expertos en la temática objeto de debate (factor de éxito del proceso), ya que ellos aportarán la riqueza

provista por su experiencia, el conocimiento del área y las mejores prácticas aplicables.

3.3.2 Diagrama de actividad del proceso propuesto

El proceso general de aplicación de Focus Group en IS se puede observar en la Figura 1 y está compuesto por las fases propias del método (corresponden a las características dadas en la sección 3.2). Estas fases son:

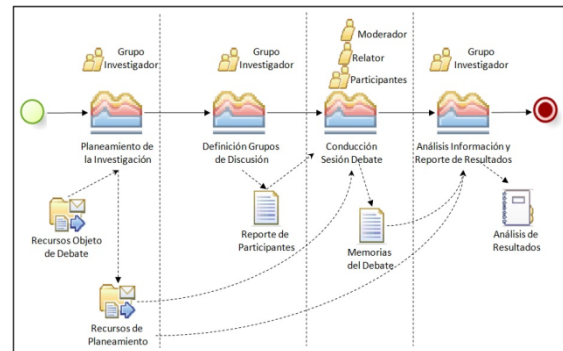


Figura 1. Diagrama de actividad para el proceso general de aplicación de Focus Group

Figure 1. Activity diagram to apply the general process of Focus Group

- Planeamiento de la investigación, cuyo propósito es establecer los elementos de contenido y de procedimiento que serán aplicados al debate de los participantes. Fase desarrollada por los integrantes del grupo investigador que requerirán hacer uso del producto "Recursos objeto de debate" y genera como producto los "Recursos de planeamiento".
- Definición de grupos de discusión, cuyo propósito es identificar los participantes y constituir los grupos de debate. Fase desarrollada por los integrantes del grupo investigador, produciendo el "Reporte de participantes".
- Conducción de la sesión de debate, cuyo propósito es ejecutar los procedimientos establecidos en la primera fase, dando cumplimiento al debate pretendido. Fase coordinada por el moderador, sintetizada por el relator y desarrollada por los participantes, requiere contar con los productos denominados "Reporte de participantes" y "Recursos de

planeamiento"; a su vez genera el producto "Memorias del debate".

- Análisis de información y reporte de resultados, cuyo propósito es obtener información de valor sobre el debate cumplido. Fase desarrollada por los integrantes del grupo investigador, requiere contar con los productos denominados "Memorias del debate" y "Recursos de planeamiento"; a su vez genera el producto "Análisis de resultados".

3.3.3 Descripción de las fases mediante actividades y tareas

Las actividades específicas presentados en las figuras 2, 3, 4 y 5 brindan las precisiones (detalles) para aplicar sistemáticamente el método Focus Group en la validación o levantamiento de criterios en el desarrollo de aplicaciones de IS. Estos subprocesos (de cada una de las fases descritas en proceso general) se componen de actividades y éstas a su vez de tareas. Para cada una de las tareas se vinculan roles que determinan responsabilidades y productos que pueden ingresar o derivarse.

a. Fase de planeamiento de la investigación

Esta fase generará los "Recursos de planeamiento" y está compuesta por dos actividades (Figura 2):

- Definición del problema de investigación, a cumplir por parte del Grupo investigador. Actividad en la que se clarifica el objetivo del debate a partir del contexto de lo pretendido y los materiales provistos por los "Recursos objetos de debate"; el producto resultante de esta actividad es el "Reporte de contexto".
- Preparación de materiales y métodos, a cumplir por parte del Grupo investigador. Esta actividad pretende generar todos los elementos y definir los procedimientos y técnicas, que serán empleados en fases posteriores, para tal fin hace uso de los "Recursos objetos de debate"; integra seis tareas fundamentales: (1) Definición de estructura, en la que se especifican los aspectos protocolarios para el debate, (2) Definición de instrumentos, materiales y métodos a ser empleados, (3) Formalización de documentos a los participantes e instancias necesarias, (4) Definición de métodos de captura y registro de información derivada del debate, (5) Definición de métodos de análisis de información para generar el procesamiento de lo generado en el debate y (6) Definición de estrategias de publicación, con las que serán socializados los resultados.

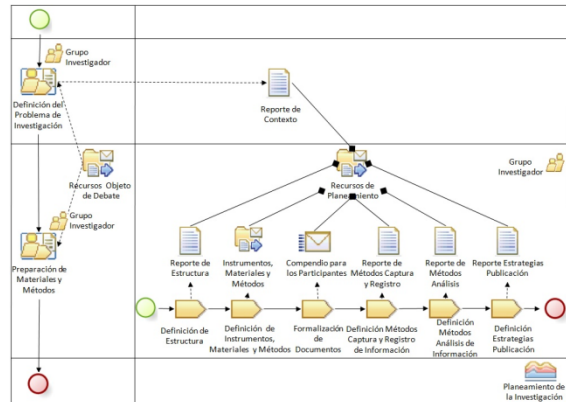


Figura 2. Diagrama de actividad para la fase de planeamiento de la investigación

Figure 2. Activity diagram for the research planning phase

b. Fase de definición de grupos de discusión

Esta fase se corresponde con lo definido en la sección 3.2 como Diseño de los grupos de discusión. Su producto "Reporte de participantes" será elemento de ingreso a la fase de "Conducción de la sesión de debate" (Figura 3).

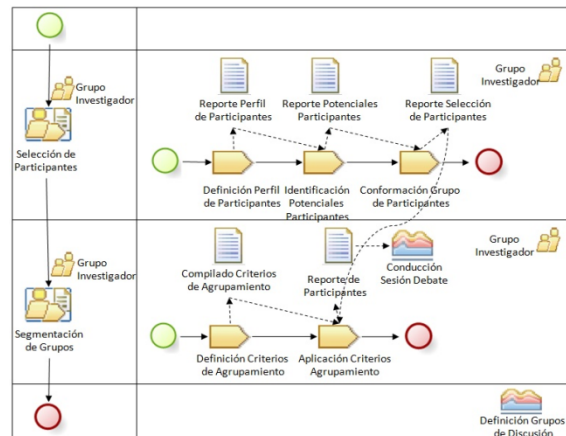


Figura 3. Diagrama de actividad para la fase de definición de grupos de discusión

Figure 3. Activity diagram for the groups conformation phase

La fase está conformada por dos actividades:

- Selección de participantes. Actividad a cargo del Grupo investigador, que integra las tareas: (1) Definición del perfil de participante, en la que se especifican los criterios para considerar a una persona como participante, como experto para el caso de validación o como stakeholder en caso de la identificación de características

específicas, (2) Identificación de potenciales participantes y (3) Conformación del grupo de participantes, como subconjunto de los potenciales participantes que de manera positiva han respondido a la convocatoria.

- Segmentación de grupos. Actividad de especificación de los grupos de debate, cumplida por el Grupo investigador y constituida por las tareas: (1) Definición de criterios de agrupamiento y (2) Aplicación de criterios de agrupamiento, que permiten generar el "Reporte de participantes" para cada uno de los grupos.

c. Fase de conducción de la sesión de debate

Esta fase está conformada por dos actividades (Figura 4):

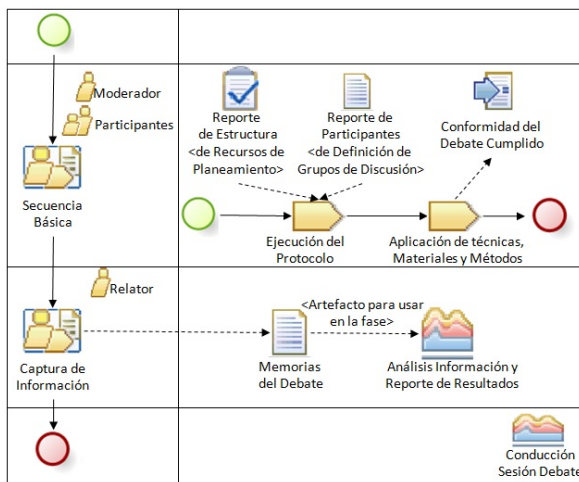


Figura 4. Diagrama de actividad para la fase de conducción de la sesión de debate

Figure 4. Activity diagram for the conduction of the discussion session phase

- Secuencia básica, que corresponde a la ejecución del debate para cada grupo de discusión, siendo coordinado por el "Moderador" e integrado por los "Participantes", para tal fin debe hacer uso del planeamiento, materiales, instrumentos, métodos y demás, resultantes de la primera fase. Son dos tareas las que constituyen esta fase: (1) Ejecución del protocolo y (2) Aplicación de técnicas, materiales y métodos.
- Captura de información, realizada por el "Relator" quien registra los conceptos, eventos y características del debate y su entorno. Esta tarea genera las memorias del debate, que serán insumo fundamental para la fase de "Análisis de información y reporte de resultados".

d. Fase de Análisis de Información y Reporte de Resultados

Esta fase es desarrollada por el Grupo Investigador y está integrada por dos actividades (Figura 5):

- Análisis de información a partir de los métodos de análisis definidos en los "Recursos de planeamiento" y las "Memorias del debate".
- Reporte de Resultados, aplicando las estrategias de publicación definidas en los "Recursos de planeamiento" y produciendo el "Reporte de análisis de resultados".



Figura 5. Diagrama de actividad para la fase de análisis de información y reporte de resultados

Figure 5. Activity diagram for the data analysis and results report phase

3.3.4 Productos de Trabajo

Los productos de trabajo son pequeñas unidades de información que vinculan conceptos, criterios, instrumentos, métodos y materiales que se generan o emplean en diferentes instancias del proceso, a saber:

- Recursos objeto de debate: son productos para contextualizar al grupo de investigadores.
- Recursos de planeamiento: composición de subproductos resultantes de la fase de planeamiento de la investigación, que integra: Reporte de contexto, Reporte de estructura, Instrumentos, materiales y métodos, Compendio para los participantes, Reporte de métodos de captura y registro, Reporte de métodos de análisis y Reporte de estrategias de publicación.
- Reporte de contexto: especificación de las características, conceptos y alcances para la aplicación de Focus Group.

- Reporte de estructura: descripción del protocolo del debate, integrando la agenda a tratar.
- Instrumentos, materiales y métodos para el proceso de debate.
- Compendio para los participantes.
- Reporte de métodos de captura y registro.
- Reporte de métodos de análisis.
- Reporte de estrategias de publicación.
- Reporte del perfil de participantes.
- Reporte de potenciales participantes.
- Reporte de selección de participantes.
- Compilado de criterios de agrupamiento: especificación de los criterios para segmentar el grupo de participantes seleccionados.
- Reporte de participantes: clasificación de los participantes por grupos de discusión.
- Conformidad del debate cumplido: es un documento o una acción con la que se formaliza la finalización del debate y el cumplimiento de las características del contexto.
- Memorias del debate.
- Métodos de análisis ejecutados.
- Reporte de análisis de resultados: recopilación de las conclusiones y características del debate cumplido.

4. APLICACIÓN DEL PROCESO PROPUESTO

Para aplicar el proceso definido, se empleó como caso de estudio la "propuesta de caracterización de elementos para constituir el modelo de estudiante en Sistemas Adaptativos de Aprendizaje- ALS" [18], proceso que hace parte de una investigación a nivel doctoral en la Universidad del Cauca- Colombia. En términos generales, en dicho estudio, luego del análisis de diversas fuentes, se realizó un proceso de síntesis, lo que derivó una propuesta de categorización, a fin de dotar a los modelos de estudiante en sistemas ALS de integralidad en su representación, orden y reducción tanto de las diferencias terminológicas como de granularidad de los elementos representados. El producto de tal estudio fue refinado en tres procesos consecutivos: revisión del autor, revisión del grupo y finalmente el juicio de expertos externos, empleando Focus Group en correspondencia con el proceso descrito en la sección anterior, como se especifica a continuación.

4.1 Planeamiento de la Investigación

Inicia con la definición del objetivo del debate de Focus Group para la investigación: "obtener realimentación de alto nivel con respecto a la propuesta de elementos caracterizados para integrar un modelo de estudiante". Como base para el planeamiento de la investigación se empleó un documento de síntesis de la propuesta (Recursos objeto de debate); adicionalmente, los Recursos de planeamiento describieron el contexto de lo pretendido con el debate, la agenda a tratar, puntos para el análisis en el marco del debate, especificaciones logísticas, perfil de los potenciales participantes, relación del personal y roles, y finalmente los procedimientos para el análisis y reporte de resultados.

En este estudio, los investigadores consideraron fundamental aplicar el método Delphi [16] previo al debate bajo los siguientes criterios: (1) el método parte de un juzgamiento ciego por parte de diferentes expertos, lo que garantizaría independencia y libertad en su criterio, (2) a cada participante le fue solicitado su criterio y observaciones sobre la propuesta, (3) los puntos de vista definidos por los participantes serían elementos fundamentales para complementar la agenda del debate.

4.2 Diseño de grupos de Discusión

El grupo de participantes fue definido de la siguiente manera.

a. Selección de participantes. Se adoptaron los siguientes criterios para constituir el grupo de expertos participantes: (1) investigadores reconocidos por su aporte al área de modelado de usuarios/ estudiantes, sistemas adaptativos de aprendizaje o ciencias cognitivas, (2) debe poseer una contextualización sobre el problema de investigación que se está tratando, (3) el grupo debe vincular diferentes filiaciones institucionales. De esta manera fueron seleccionados 16 expertos (Reporte de potenciales participantes) de universidades de Argentina, España, México y Colombia.

b. Segmentación de Grupos. Se conformaron dos subgrupos de debate (Reporte de participantes) con quienes

respondieron a la invitación y brindaron su criterio respecto a lo propuesto. Esto promovió la ejecución de dos sesiones de debate distintas.

4.3 Conducción de las Sesiones del Debate

Tal como se ha dado a conocer, la aplicación del método Delphi, previo al debate permitió generar el Reporte de participantes y estructurar la agenda con mayores precisiones, a fin de que el debate permitiera una depuración objetiva con múltiples puntos de vista para alcanzar un mayor nivel de certeza sobre la categorización de elementos que se validaba.

- Secuencia básica. Las observaciones derivadas del método Delphi fueron integradas en un "compendio" (complementado los Recursos de planeamiento), que los expertos relacionados en el Reporte de participantes recibieron junto con la agenda y las características protocolarias para cumplir en el debate. La fecha y hora del debate fue establecida concertando las propuestas con cada experto y el medio de soporte al debate fue la videoconferencia, en correspondencia con la dispersión geográfica de los expertos.
- Captura de información. Fueron empleados como técnicas de captura la grabación de audio y el registro de relatoría por parte de un actor externo al proceso, en cada sesión.
- Rol del moderador. Rol cumplido por parte del primer autor de este estudio. Es importante resaltar que el estrecho vínculo del moderador con el proceso ameritó un especial control en cuanto a: (1) sus intervenciones, de manera que no sesgara los puntos de discusión y (2) la gestión de la actividad, a fin de brindar la extensión necesaria a cada punto de la agenda.

4.4 Análisis de la Información y Reporte de Resultados

Procedimentalmente se cumplieron las siguientes actividades para el análisis de información: (1) Contraste entre las anotaciones de relatoría y los archivos de soporte de audio (Memorias del debate), (2) Clasificación de los criterios brindados por los participantes en correspondencia con temáticas directamente relacionadas con la agenda (empleando técnicas de análisis de contenido manifiesto [19]) y con observaciones complementarias y (3) Establecimiento de puntos de concertación y disímiles.

En cuanto al reporte de resultados, fue establecida la generación de un documento de avance de investigación según el formato empleado por el grupo de investigación. A partir de las memorias del debate, el Grupo investigador analizó las observaciones generadas y a partir de ellas realizó los ajustes a su propuesta y conclusiones tanto de las implicaciones del proceso de validación empleado, como del producto obtenido (Reporte análisis de resultados).

5. DISCUSIÓN

Es notorio que el proceso definido en la presente propuesta fue empleado completa y satisfactoriamente en el caso de estudio y permitió derivar resultados de las calidades y nivel esperados por el grupo investigador en la validación de un producto, lo que ha permitido: (1) Obtener realimentación de los participantes sobre preguntas de investigación, (2) Reconocer las experiencias cumplidas por los expertos en diferentes contextos de aplicación dentro de la misma área, (3) Realizar la evaluación inicial de la potencial solución a proponer, basado en el concepto de los expertos (participantes), (4) Recopilar recomendaciones de lecciones aprendidas, e (5) Identificar potenciales rutas de refinamiento. Los integrantes del grupo investigador definieron que no registraron mayores cargas de trabajo al aplicarlo, lo cual es un aspecto positivo.

Para el caso de estudio, el proceso de caracterización de los elementos a considerar en un modelo de estudiante cumplió con tres instancias de validación, cada una ellas le aportó riqueza en su definición, especificidad y alcance. Particularmente la última instancia, -relacionada con la valoración por parte de expertos según el método Focus Group- permitió considerar puntos de vista que contribuyen a alcanzar la integralidad de la propuesta, vinculando al debate las experiencias aprendidas dentro del contexto de investigación de cada experto. Por lo anterior, sería interesante que trabajos posteriores en diferentes líneas relacionadas con la IS asumieran el proceso propuesto, de modo que fuera verificado su rendimiento en

fases diferentes al levantamiento de requerimientos y validación de resultados de análisis y diseño, siempre que posean características similares a las de las fases ya citadas. Esto permitiría incrementar los puntos de inspección sobre su aplicabilidad, replicación y eficiencia.

De esta manera, el proceso propuesto para validar una solución software o una abstracción específica por parte del conjunto de sus potenciales usuarios o diseñadores homólogos promueve un singular interés, en lo que hipotéticamente podrían obtenerse resultados tan satisfactorios como los relacionados con el caso de estudio tratado; si esta hipótesis se responde positivamente, se estaría definiendo que efectivamente el proceso propuesto es válido para todo el contexto de los procesos conexos a las fases de desarrollo de software.

Los autores consideran necesario que la disciplina abra sus puertas a la inspección de otros métodos empíricos y sistemáticos de investigación, lo que indudablemente permitirá ampliar la gama de posibilidades para la investigación, su posterior adopción y la generación de procesos y técnicas tendientes a hacer más robustos tanto el desarrollo de software como los procesos investigativos en el área de Ingeniería del Software.

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Indiscutiblemente, cuando los métodos obtienen su descripción formal por medio de procesos, reciben características de legibilidad, trazabilidad e interpretación unívoca y se convierten en base fundamental para derivar la gestión adecuada de su aplicación. En tal sentido, la experiencia de uso de Focus Group según el proceso propuesto correspondió con cada una de tales características, de manera que la legibilidad fue determinada con la fácil identificación del estado de avance a nivel de fase, actividad o tareas, la trazabilidad con la clara interpretación de los productos que se generaban en ciertas fases, actividades o tareas y que a su vez serían el soporte para otras, y finalmente la secuencia del proceso aclaró el terreno de aplicación con una sola interpretación a la que correspondió la totalidad de investigadores del proyecto.

El proceso propuesto toma mayor relevancia en la medida en que la cantidad de participantes tiende a aumentar, la complejidad del debate se incrementa o el grupo de investigadores es amplio; situaciones

que han sido cotidianas para el Focus Group en diversos campos de aplicación.

La literatura específica que el mayor riesgo que tiene Focus Group radica en la posible pérdida de la naturalidad y libertad de los participantes en el debate. En este sentido, se ha observado que la aplicación del proceso propuesto no altera la naturalidad del debate, ni restringe con pautas específicas al moderador, ya que dicho proceso se focaliza en dotar de organización a la aplicación del método, sin incidir en la actuación de los participantes.

El proceso diseñado para Focus Group demostró buenos resultados cuando es empleado de manera complementaria a otros métodos o técnicas. Tal como se observó en el caso de estudio, en el que el método Delphi fue un complemento adecuado, que al ser empleado previo al debate permitió obtener un cúmulo de resultados cualitativos, lo que aportó elementos estructurales para el posterior debate y a la vez captar tendencias en los conceptos de los expertos. Es destacable que Focus Group expone el proceso, mas no impone herramientas específicas, no obstante, existe diversidad de recursos que pueden emplearse en cada una de sus fases, que lo hacen versátil y flexible.

La aplicación del proceso diseñado produjo que las reflexiones aportadas por los expertos promovieran en los investigadores mayor certeza en los ajustes para su propuesta, brindando un amplio respaldo al proceso investigativo con el que se construyó; a su vez los expertos manifestaron naturalidad y comodidad con el debate generado. Sobre el entendido que un proceso de validación brinda fuerza y consistencia al objeto de estudio, el proceso cumplido a partir del grupo de debate integrado por expertos efectivamente corresponde a tal propósito, lo que se constituye en una potencial opción para validar propuestas desde una perspectiva empírica, debido a que ellos vinculan en su concepto la experiencia, conocimiento, uso y mejores prácticas de su labor en el campo de estudio.

Complementario a lo tratado en la sección anterior, surgen dos temas abiertos a futuras

investigaciones: (1) validar la aplicación del proceso definido en otras etapas del desarrollo de software, (2) refinar el proceso con la posibilidad de aplicar debates basados en Focus Group de manera escalar, de forma que para grandes muestras poblacionales de potenciales participantes, se realicen debates en subgrupos y sus conclusiones sean realimentadas para subsiguientes debates con la misma población.

Otro aspecto a considerar en trabajos futuros corresponde a validar si el proceso propuesto efectivamente es replicable, situación necesaria para alcanzar su amplia aplicación.

7. AGRADECIMIENTOS

Miguel Mendoza es apoyado por la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Carolina González y Francisco Pino agradecen a la Universidad del Cauca, donde son docentes titulares.

8. REFERENCIAS

- [1] Pantoja, W. L., Collazos, C. A. and Penichet, V. M. Entorno Colaborativo de Apoyo a la Mejora de Procesos de software en Pequeñas Organizaciones de Software. *Revista Dyna*, 80, 177, 40-48, 2013.
- [2] Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M., Regnell, B. and Wesslén, A. *Experimentation in Software Engineering*. Springer, 2012.
- [3] Moody, D. L. Building links between IS research and professional practice: improving the relevance and impact of IS research. *Proceedings of the twenty first international conference on Information systems*, 351-360, 2000.
- [4] Morgan, D. L. Focus Groups. *Annual Review of Sociology*, 22, 1, 129-152, 1996.
- [5] Kontio, J., Bragge, J. and Lehtola, L. *The Focus Group Method as an Empirical Tool in Software Engineering*. Springer London, London, 2008.
- [6] Borrego, M., Douglas, E. P. and Amelink, C. T. Quantitative, Qualitative, and Mixed Research Methods in Engineering Education. *Journal of Engineering Education*, 98(1), 2009.
- [7] Kim, M. An exploratory study of awareness interests about software modifications. *4th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering* Honolulu, Hawaii, 80-83, 2011.
- [8] Onwuegbuzie, A. J., Dickinson, W. B., Leech, N. L. and Zoran, A. G. A Qualitative Framework for Collecting and Analyzing Data in Focus Group Research. *International Journal of Qualitative Methods*, 8, 3, 1, 2009.
- [9] Kontio, J., Lehtola, L. and Bragge, J. Using the Focus Group Method in Software Engineering: Obtaining Practitioner and User Experiences, 271-280, 2004.
- [10] Lethbridge, T. C., Sim, S. E. and Singer, J. Studying Software Engineers: Data Collection Techniques for Software Field Studies. *Empirical Softw. Engg.*, 10, 3, 311-341, 2005.
- [11] Kontio, J. *Software Engineering Risk Management: A Method, Improvement Framework and Empirical Evaluation*. Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland, 2001.
- [12] Lehtola, L., Kauppinen, M. and Kujala, S. *Requirements Prioritization Challenges in Practice*. Springer Berlin Heidelberg, 2004.
- [13] Sunikka, A. *Usability evaluation of the Helsinki School of Economics Website*. Master's thesis, Helsinki University Helsinki 2004.
- [14] Fowler, F. J. and Mangione, T. W. *Standardized Survey Interviewing: Minimizing Interviewer-Related Error*. SAGE Publications, Inc, 1989.
- [15] Smite, D., Wohlin, C., Feldt, R. and Gorschek, T. Reporting Empirical Research in Global Software Engineering: A Classification Scheme. *IEEE International Conference on Global Software Engineering, ICGSE 2008*, 173-181, 2008.
- [16] Linstone, H. A. and Turoff, M. *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Addison Wesley; First Edition Edition edition (1975), 2002.
- [17] Langford, J. and McDonagh, D. *Focus Groups: Supporting Effective Product Development*. CRC Press, 2002.
- [18] Mendoza Moreno, M. A. *Categorización de Elementos para Conformar Modelos de Estudiante en Sistemas Adaptativos de Aprendizaje*. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 2012.
- [19] Krippendorff, K. H. *Content Analysis: An Introduction to Its Methodology*. Sage Publications, Inc, London, 2013.

Personalización en LMS a partir de un Modelo Integral de Estudiante: un Caso de Implementación Tecnológica

Miguel A. Mendoza-Moreno, Carolina González-Serrano and Néstor F. Peña-Estrella, *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Universidad del Cauca*

Resumen— Este artículo parte del reconocimiento de tres ejes fundamentales: (1) la personalización (adaptación) es una función deseada por los sistemas de aprendizaje para los procesos centrados en el estudiante (usuario) y para ello requieren que el denominado Modelo de Estudiante (ME) integre sus características fundamentales; (2) la conformación de un Modelo Integral de Estudiante (MIE) que define y categoriza de manera holística los elementos fundamentales para promover la personalización; (3) los Sistemas de Gestión de Aprendizaje (LMS por sus siglas en inglés) son plataformas de uso masivo que usualmente no vinculan la función de personalización. Por lo anterior, el proceso investigativo seguido muestra un estudio de caso en el que a partir del MIE conformado se emplea la categoría de Estilos de Aprendizaje (EA) para generar la provisión personalizada de material instruccional a cada estudiante de los cursos adscritos a un LMS. Los resultados destacan el aporte conceptual a partir del MIE, la viabilidad del proceso de personalización en el LMS, la relevancia de las redes bayesianas para la personalización y la eficiencia de la arquitectura tecnológica implementada por medio de servicios web.

Abstract— This paper begins with the recognition of three important topics: (1) personalization (adaptation) is a desired function by learning systems for student-centered processes (user) and this function requires the Student Model integrates the key student characteristics; (2) the

Manuscript received June 19, 2014. This work was supported in part by the Colciencias Grant "Estudios de Doctorado en Colombia 2012", Universidad del Cauca and Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

M. A. Mendoza-Moreno is with the research group Investigación y Desarrollo en Ingeniería del Software- IDIS at Universidad del Cauca, Colombia and Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Facultad de Ingeniería- UPTC, Av. Central del Norte, Tunja, Colombia (phone: +57-8-7442999; e-mail: miguel.mendoza@uptc.edu.co).

C. González Serrano and N. Peña-Estrella are with the research group Inteligencia Computacional at Universidad del Cauca, Colombia. FIET, sede Tulcan, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. (phone +57-2-8209800-2117; e-mail: cgonzals@unicauca.edu.co; nfpna@unicauca.edu.co).

establishment of an Integrated Model of Student (MIE) that categorizes holistically key elements to promote personalization; (3) Learning Management Systems (LMS) are common platforms that usually do not bind the personalization function. Therefore, the research process followed shows a study case in which it is used the category of Learning Styles (EA) from MIE to build the adaptive provision of instructional materials for each student assigned to the LMS courses. The results highlight the conceptual contribution from MIE, the viability of the personalization process for LMS, the relevance of Bayesian networks for personalization and efficiency of the technology architecture implemented through web services.

Palabras Clave— estilos de aprendizaje, modelo de estudiante, personalización, redes bayesianas, sistemas de gestión de aprendizaje.

Index Terms— bayesian networks, learning management systems, learning styles, personalization, student model.

I. INTRODUCCIÓN

AL interior del área de la Tecnología de Apoyo al Aprendizaje (Technology enhanced Learning, TeL), históricamente asociada al eLearning, se encuentra una taxonomía de sistemas de aprendizaje [1] que describe tres vertientes particulares en correspondencia con las funciones y técnicas empleadas: Ambientes Virtuales de Aprendizaje (VLE por sus siglas en inglés), Sistemas Adaptativos de Aprendizaje (ALS por sus siglas en inglés) y Ambientes de Aprendizaje Inteligentes (ILE por sus siglas en inglés), tal como se aprecia en la Figura 1. Claramente esta taxonomía cubre las funciones deseadas para los sistemas de apoyo al proceso de interacción estudiante- aprendizaje, como es el caso de la gestión del contexto instruccional en cursos específicos, la provisión personalizada (adaptada) de actividades, entorno y/o materiales a cada estudiante, y finalmente la vinculación de

técnicas del campo de la Inteligencia Artificial.

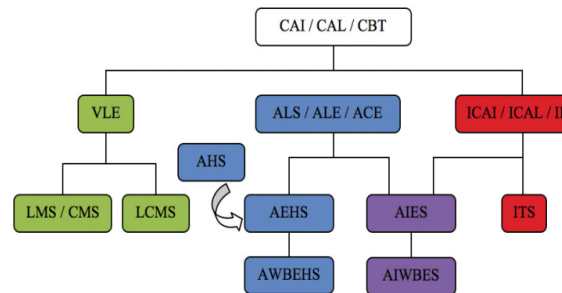


Fig. 1. Taxonomía de sistemas asociados a TeL. Muestra la diversidad de sistemas de aprendizaje apoyados por la tecnología. Fuente: [1].

Dicha taxonomía muestra vínculos entre una y otra vertientes complementando sus técnicas, particularmente entre los sistemas adaptativos e inteligentes. Este hecho, unido a la robustez que en la actualidad exponen los VLE, generaron en los autores la inquietud investigativa de abrir los campos de la personalización y la aplicación de técnicas propias de la inteligencia artificial hacia las plataformas LMS.

Para que el sistema de aprendizaje sea personalizado a su usuario, se debe partir de la identificación de las características relevantes del estudiante (integradas en el denominado Modelo de Estudiante- ME), lo que proveerá la información esencial para que los demás componentes del sistema deriven la función adaptativa (Modelos de Dominio, Contexto, Pedagógico y Adaptación) [2].

La función adaptativa generalmente está ligada a lo que el sistema puede personalizar para el estudiante y en ese sentido se han especificado dos tipos, a saber [3-5]: Didáctica (Contenido, Secuencia, Evaluación) e Interfaz (Presentación y Navegación).

Ahora bien, la Inteligencia Artificial ofrece un amplio rango de conceptos y técnicas que resultan útiles dentro de los procesos de personalización, destacándose las técnicas de razonamiento aproximado [6].

A partir de la contextualización previa, el proceso investigativo empleado por los autores de manera secuencial integró las siguientes actividades: (1) Definición y categorización de un MIE, (2) Selección de una categoría del MIE para tratar la personalización, (3) Identificación del tipo de adaptación pretendida, (4) Identificación del tipo de sistema de aprendizaje a tratar, (5) Identificación de técnicas para soportar el proceso de personalización, (6) Diseño tecnológico, (7) Implementación de la solución y (8) Pruebas.

De esta forma, a partir de la conformación de un Modelo Integral de Estudiante, se usa una de

sus categorías denominada Estilos de Aprendizaje (EA) como estudio de caso, con el objetivo de proveer la personalización de materiales instruccionales a los estudiantes en cursos diseñados en un LMS específico (Moodle), empleando las Redes Bayesianas (RB) como técnica de razonamiento aproximado; adicionalmente el diseño tecnológico condujo a la implementación de dos servicios web, uno para el diagnóstico de Estilos de Aprendizaje y otro para la recomendación de materiales instruccionales que inter-operaron con Moodle por medio de bloques específicos igualmente desarrollados.

En el siguiente capítulo se brindan las especificaciones del desarrollo y estructura del MIE, en el capítulo III serán tratados los Estilos de Aprendizaje en los que se fundamenta la personalización pretendida. El capítulo IV evidencia el diseño tecnológico seguido para el sistema, mientras que el capítulo V permite conocer los resultados alcanzados; finalmente se presentan las conclusiones.

II. MODELO INTEGRAL DE ESTUDIANTE

Tal como se ha tratado previamente, la personalización es una característica deseable por los sistemas de aprendizaje, hecho que permite dinamizar los espacios (presenciales y virtuales) de generación de experiencias significativas de aprendizaje en el estudiante. Mientras mayor riqueza tenga la información con la que el sistema identifica al estudiante en su modelo (ME), mayor será la posibilidad de abastecer funciones adaptativas.

Lo anterior se constituye en premisa investigativa, de manera que una amplia inspección realizada en fuentes teóricas, sistemas ya implementados, estándares y aproximaciones, permitió constatar la diversidad, heterogeneidad y diferencia en los niveles de abstracción de los elementos característicos del estudiante que son tenidos en cuenta para integrar los ME [7]. Esto condujo a la necesidad de generar un Modelo Integral de Estudiante que posibilitara: (1) Generar una estructura para la categorización de elementos, (2) Homogenizar los conceptos de los elementos conformantes del ME y su semántica, (3) Identificar los niveles de granularidad adecuados, (4) Reducir la ambigüedad entre conceptos de elementos comunes en distintos sistemas, (5) Facilitar la identificación de elementos para servir a diferentes tipos de adaptación y (6) Constituir una guía de diseño para el personal que define los ME para los sistemas de aprendizaje. El MIE generado fue sometido a espacios de refinamiento y validación

como se describe en [8-9] y se relaciona visualmente en la Figura 2, en los niveles de categorías y sub-categorías (por razones de extensión, las especificaciones a nivel de cada elemento pueden encontrarse en los documentos técnicos relacionados en [7] donde el modelo se describe completamente por medio de diccionarios de datos).

III. ESTILOS DE APRENDIZAJE COMO BASE PARA LA PERSONALIZACIÓN

La conformación del MIE fue un importante resultado en el proceso investigativo, su refinamiento y validación permitió establecer su eficacia, sin embargo su evaluación sólo podría lograrse al emplearlo en sistemas específicos, razón que condujo a constituir un estudio de caso. En tal sentido fue seleccionada la sub-categoría Estilos de Aprendizaje (EA), perteneciente a la categoría Características

Psicológicas y Físicas (ver Figura 2).

La exploración de los EA como soporte de las funciones adaptativas cuenta con un vasto conjunto de estudios [10-16], sin embargo casi en su totalidad se han desarrollado sistemas específicos para tal fin, apartándose de los VLE y particularmente de los LMS.

Distintas definiciones han sido emitidas para los EA, entre ellas se resalta la brindada por Hunt en 1979 [17], los estilos de aprendizaje son "las condiciones educativas bajo las que un discente está en la mejor situación para aprender, o qué estructura necesita el discente para aprender mejor"; a partir de ella se estableció que la mejor orientación para el aprovechamiento de los EA en el estudio de caso estaba encaminada hacia el soporte de la adaptación de contenido, secuencia y presentación.

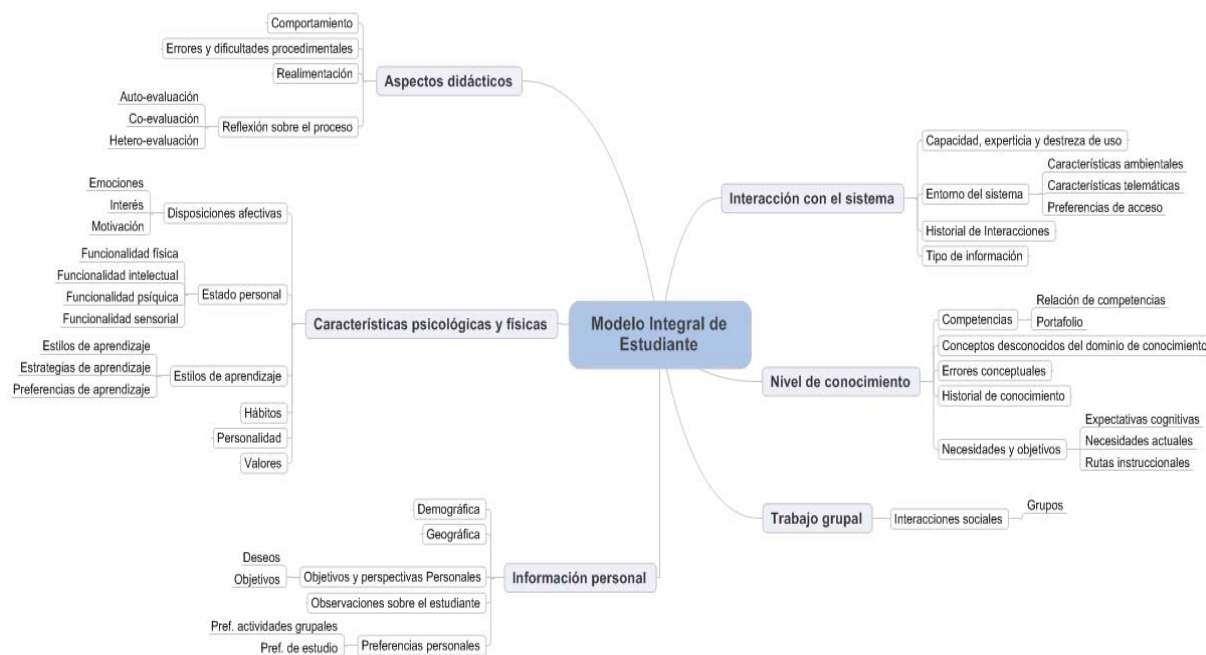


Fig. 2. Modelo Integral de Estudiante. Es un modelo holístico que vincula los elementos esenciales para soportar procesos de personalización. Fuente: los Autores.

La investigación permitió identificar 31 diferentes modelos de EA, que establecen más de 60 tipos de estilos a partir de una multiplicidad de instrumentos. Para el diseño tecnológico fue prevista la posibilidad de diagnosticar el EA de cada estudiante sin restringirse a un solo modelo, marcando diferencia respecto a los distintos sistemas inspeccionados. De esta manera fueron establecidos criterios particulares para filtrar los modelos que se tendrían en cuenta para la solución, como: (1) Identificación explícita del modelo, los EA que define y su contexto de aplicación, (2) Definición explícita tanto del

instrumento como del proceso de diagnóstico de EA, (3) Identificación de estudios que constaten la validez, fiabilidad y aplicación repetida del instrumento, (4) Identificación de restricciones para su uso e implementación.

Lo anterior permite conformar un conjunto de 7 modelos y 8 instrumentos asociados, tales modelos son: Allison & Hayes [18], Style of Learning Interaction Model de Grasha & Riechmann [19], Biggs [20], Entwistle & Tait's Approaches and Study Skills Inventory for Students [21], Felder-Silverman learning and teaching styles model [22], VARK de Fleming &

Mills [23-24] y Honey and Mumford's Learning Style Model [25-26], ver Figura 3.

Teniendo en cuenta que cada modelo posee una definición, enfoque, contexto y EA distintos, se pretende conformar un banco de diagnóstico brindando en primer lugar toda la información del contexto del modelo para guiar al tutor (docente); a su vez el modelo relaciona el instrumento conformado por el conjunto de preguntas técnicamente diseñadas por expertos del campo de las ciencias cognitivas, dicho instrumento es el que los estudiantes deben tratar, y finalmente el sistema ejecuta el proceso de diagnóstico para establecer el nivel e interpretación del EA de cada estudiante. Desde la óptica psicológica y pedagógica, es adecuado que los resultados sean evidenciados tanto por el tutor (para definir las decisiones del diseño instruccional) como por cada estudiante (auto-gestión del proceso de aprendizaje).

#	Autores	Modelo	Estilos
1	Allinson & Hayes	-	*Analysis/Intuition
2	Anthony Grasha y Sheryl Hruska Riechmann	Style of Learning Interaction Model	*Avoidant/Participant *Competitive/Collaborative *Dependent/Independent
3	Biggs et al	-	*Deep/Surface
4	Entwistle and Tait	Entwistle and Tait's Approaches and Study Skills Inventory for Students (ASSIST)	*Deep Approach *Surface Apathetic Approach *Strategic Approach
5	Felder and Silverman	Felder-Silverman learning and teaching styles model (1988)	*Sensory/Intuitive *Visual/Verbal *Active/Reflective *Sequential/Global
6	Fleming & Mills	VARL	*Visual *Auditory *Read/Write *Kinesthetic
7	Peter Honey y Alan Mumford	-	*Activists *Reflectors *Theorists *Pragmatists

Fig. 3. Modelos de EA seleccionados. Relación de modelos de EA a incluir en el sistema de aprendizaje; los instrumentos corresponden a la estructura y narrativa originalmente definida por sus autores. Fuente: los Autores.

IV. ARQUITECTURA PARA LA PERSONALIZACIÓN EN LMS

Habiendo establecido el método de diagnóstico de EA, se hace necesario poner en acción didáctica su resultado, de manera que se requiere contar con una infraestructura tecnológica en la que efectivamente pueda constatarse la provisión personalizada del material instruccional a cada estudiante.

La arquitectura general del sistema a implementar vincula los siguientes componentes (ver Figura 4):

--Sistema de aprendizaje. En correspondencia con lo descrito en la Introducción, el interés del estudio de caso se extendió hacia la posibilidad de dotar a los VLE de la función de personalización, y en tal sentido se empleó por criterios técnicos, por ser abierta y de amplio uso la plataforma Moodle. A ésta le fueron desarrollados dos plugins del tipo bloque, cada

uno de ellos permite la interoperabilidad con los servicios web desarrollados. Adicionalmente fueron desarrolladas las respectivas interfaces de presentación de la información según el entorno Moodle.

--Servicio web para el Diagnóstico de EA. Desarrollado con los objetivos de: proveer los instrumentos a los requerimientos de modelos seleccionados, obtener los instrumentos diligenciados, aplicar la lógica de diagnóstico, almacenar la información de gestión y resultados, y reportar los resultados al sistema de aprendizaje.

--Servicio web de Recomendación. Desarrollado para suplir la función de interpretación de los diagnósticos de EA de cada estudiante para proveer la priorización y estructura instruccional del material educativo vinculado por el tutor al curso. Almacena el cúmulo de evidencias de recomendaciones generadas y ejecuta la lógica de personalización.

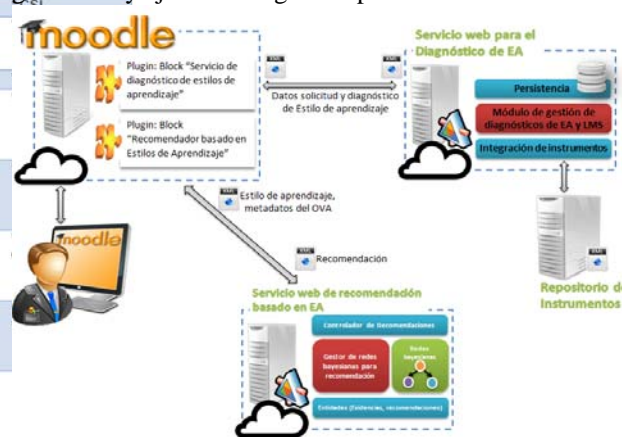


Fig. 4. Arquitectura del sistema. Diseño del sistema a implementar. Fuente: los Autores.

En esta arquitectura, la interoperabilidad del sistema de aprendizaje (Moodle) con los servicios web está dada por mensajes XML. Un aspecto destacable corresponde a la lógica del servicio web de recomendación, ya que para tal fin fue diseñada una Red Bayesiana por cada uno de los modelos de EA incluidos. Cada red tomó en consideración cuatro criterios de diseño: (1) las especificaciones de los tipos de formato de Objetos Virtuales de Aprendizaje definidos en el estándar Learning Object Metadata LOM [27] (para relacionarlos con las preferencias de material instruccional diagnosticadas), (2) la modalidad de aplicación de la preferencia (individual o grupal), (3) el tipo de contenido/ actividad de la preferencia diagnosticada y (4) los EA pertenecientes a cada modelo.

Los conceptos pedagógicos aplicables a los EA definen que el diagnóstico permite conocer la proclividad del estudiante hacia cierto EA, lo que

define la prevalencia de cierto estilo respecto a otro, estableciéndose una jerarquía de preferencias de aprendizaje. Este concepto visto desde la personalización de materiales instruccionales, posibilitó brindar a cada estudiante los OVA marcados con un nivel de recomendación de uso, empleando para tal fin la metáfora de las 5 estrellas.

V. RESULTADOS

La implementación de la solución fue acompañada de la ejecución de pruebas de desarrollo guiadas por el estándar ISO 29119-2 [28]. Adicionalmente se realizó la evaluación del sistema con dos cursos reales del nivel universitario, cada uno con 26 estudiantes y diferentes tutores. En tal evaluación los tutores compararon los resultados del rendimiento de los estudiantes para un capítulo específico respecto a los alcanzados en un periodo previo, observando que los logros cognitivos al emplear el sistema de aprendizaje con el proceso de personalización superó el 75% frente a un 60% sin el proceso de personalización.

Fueron aplicadas encuestas según escalas Lickert, con las que se constató el alto nivel de satisfacción de los estudiantes al obtener material instruccional más ajustado a su preferencia, reducción en los tiempos destinados a la revisión de material y el amplio interés por identificar su propio EA. De otro lado, los tutores reconocieron la importancia de identificar el EA de cada estudiante, para ajustar la didáctica y sus diseños instruccionales.

A nivel de las características de uso del sistema, se destaca que la infraestructura e interoperabilidad del sistema es completamente transparente a los usuarios, de manera que el tutor está en posibilidad de seleccionar el modelo de EA deseado para su curso como si fuese una actividad más de Moodle y del lado del estudiante se percibe como una "tarea" más que se cumple para el curso, con la gran diferencia de la posibilidad de evidenciar los resultados del diagnóstico junto con su interpretación y la disposición del material instruccional del curso debidamente jerarquizado para su mejor tratamiento.

Desde la perspectiva funcional de la infraestructura desarrollada, los servicios web permitieron desacoplar las funcionalidades de diagnóstico de EA y recomendación de materiales, lo que claramente contribuye a reducir su complejidad y alcanzar mejores niveles de flexibilidad.

VI. CONCLUSIONES

Las técnicas de razonamiento aproximado, particularmente las redes bayesianas son un excelente soporte para interpretar datos de forma cuantitativa y cualitativa, lo que resulta adecuado para definir la lógica de personalización en sistemas de aprendizaje.

El sistema implementado permitió verificar que los EA son un excelente recurso para promover la personalización de materiales instruccionales, sin embargo es necesario precisar que los EA no son estáticos y que pueden tener variaciones derivadas del comportamiento del estudiante, razón por la cual es deseable que la personalización se surta de otras características del ME, que son especificadas en el MIE constituido como aporte de esta investigación.

La taxonomía de sistemas de aprendizaje describe en amplitud sus tipos según la funcionalidad y técnicas empleadas, sin embargo, es adecuado establecer que en la actualidad estos tipos pueden integrar funciones externas, lo que les brinda un mayor potencial de aprovechamiento. Este hecho se demostró con el desarrollo y vinculación de funciones de personalización para el LMS Moodle.

RECONOCIMIENTO

M. A. Mendoza-Moreno reconoce el apoyo del Grupo de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Software- IDIS de la Universidad del Cauca- Colombia y del programa doctoral en Ciencias de la Electrónica de la misma institución. A su vez extiende su reconocimiento a la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y a Colciencias, quienes garantizan el financiamiento del proceso.

C. González-Serrano y N. Peña-Estrella reconocen el apoyo del Grupo de Investigación en Inteligencia Computacional y del Departamento de Sistemas, ambos de la Universidad del Cauca, Colombia.

REFERENCIAS

- [1] J. Moreno, D. A. Ovalle, and R. M. Vicari, "Hacia una taxonomía en la educación asistida por computador," *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 5, no. 9, pp. 27-36, 2012/02/15/, 2010.
- [2] L. Aroyo *et al.*, "Interoperability in Personalized Adaptive Learning," *Educational Technology & Society*, vol. 9, no. 2, pp. 15, 2006.
- [3] P. Brusilovsky, "Adaptive Hypermedia," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 11, no. 1-2, pp. 87-110, 2001/03//, 2001.
- [4] V. García, "Personalisation in Adaptive E-Learning Systems. A Service Oriented Solution Approach for Multi-Purpose User Modelling Systems," *Computer Science, Institute for*

- Information Systems and Computer Media (ICM). Graz University of Technology, Graz, 2007.
- [5] M. Specht, and D. Burgos, "Implementing Adaptive Educational Methods with IMS Learning Design," *Adaptive Hypermedia 2006*, 2006.
- [6] F. J. Díez, "Introducción al Razonamiento Aproximado," UNED, ed., UNED, 2005.
- [7] M. A. Mendoza M., *Categorización de Elementos para Conformar Modelos de Estudiante en Sistemas Adaptativos de Aprendizaje*, vol. 1, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia, 2012.
- [8] M. A. Mendoza M., and C. González Serrano, "Modelos de Usuario y Sistemas Adaptativos de Aprendizaje," in Congreso Internacional de Investigación en Ingeniería de Sistemas 2014, Tunja, Colombia, 2014, pp. 206-213.
- [9] M. Mendoza Moreno, C. González Serrano, and F. Pino, "Focus Group como Proceso en Ingeniería de Software: Una Experiencia desde la Práctica," *Dyna*, vol. 80, no. 181, pp. 51-60, Octubre de 2013, 2013.
- [10] E. Popescu, "Adaptation provisioning with respect to learning styles in a Web-based educational system: an experimental study: Learning style adaptation," *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 26, no. 4, pp. 243-257, 2010/07/16/, 2010.
- [11] L. Howles, "Learning styles: What the research says and how to apply it to designing e-Learning," http://isg.urv.es/library/papers/learning%20styles_overview.pdf, 2006.
- [12] P. Paredes, "Una Propuesta de Incorporación de los Estilos de Aprendizaje a los Modelos de Usuario en Sistemas de Enseñanza Adaptativos," Escuela Politécnica Superior, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2008.
- [13] M. Chi *et al.*, "Inducing effective pedagogical strategies using learning context features." p. 12.
- [14] E. Brown, T. Fisher, and T. Brailsford, "Real users, real results: examining the limitations of learning styles within AEH." pp. 57-66.
- [15] L. A. M. Zaina, F. R. Jose, Jr., and G. Bressan, "An approach to design the student interaction based on the recommendation of e-learning objects." pp. 223-228.
- [16] C. Wolf, "Construction of an Adaptive E-learning Environment to Address Learning Styles and an Investigation of the Effect of Media Choice," School of Education. Design and Social Context Portfolio, RMIT University, Melbourne, 2007.
- [17] D. E. Hunt, "Learning Styles and student needs: An introduction to conceptual level," *Students Learning Styles: Diagnosing and Prescribing Programs*, pp. 27-38, 1979.
- [18] C. W. Allinson, and J. Hayes. "The Cognitive Style Index, Technical Manual and User Guide," 17/10/2013, 2013; <http://www.talentlens.co.uk/assets/legacy-documents/71874/csi-manual.pdf>.
- [19] S. W. Riechmann, and A. F. Grasha, "A Rational Approach to Developing and Assessing the Construct Validity of a Student Learning Style Scales Instrument," *The Journal of Psychology*, vol. 87, no. 2, pp. 213-223, 1974/07/01, 1974.
- [20] J. B. Biggs, "Study Process Questionnaire Manual. Student Approaches to Learning and Studying," 1987/01//, 1987.
- [21] N. Entwistle, "The approaches and study skills inventory for students (ASSIST)," *Edinburgh: Centre for Research on Learning and Instruction, University of Edinburgh*, 1997.
- [22] R. M. Felder, and L. K. Silverman, "Learning and Teaching Styles in Engineering Education," *Engineering Education*, vol. 78, no. 7, pp. 674-81, 1988.
- [23] N. Fleming, and C. Mills, "VARK," *A Guide to Learning Styles*. [On-line: <http://www.vark-learn.com/english/page.asp>], 1992.
- [24] N. D. Fleming, and C. Mills, "Not another inventory, rather a catalyst for reflection," 1992.
- [25] P. Honey, and A. Mumford, *The Manual of Learning Styles*: Peter Honey Publications, 1992.
- [26] P. Honey, and A. Mumford, "Learning Styles Questionnaire."
- [27] IEEE. "IEEE LTSC | WG12 | Final LOM Draft Standard," 2014/02/25/16:51:52; <http://ltsc.ieee.org/wg12/20020612-Final-LOM-Draft.html>.
- [28] ISO. "ISO/IEC/IEEE 29119-2:2013 - Software and systems engineering -- Software testing -- Part 2: Test processes," 2013/11/21/18:11:03; http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?number=56736.

Miguel A. Mendoza Moreno es Ingeniero de Sistemas y Computación, Especialista en Pedagogía para el Desarrollo del Aprendizaje Autónomo, Magíster en Ciencias de la Información y las Comunicaciones y candidato a Doctor en Ciencias de la Electrónica, proceso en curso en la Universidad del Cauca, Colombia.

El se encuentra vinculado laboralmente como Docente Asistente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en la ciudad de Tunja (Colombia). Respecto a su productividad científica destaca: "Focus Group como Proceso en la Ingeniería de Software: una Experiencia desde la Práctica" (*Dyna* (Medellin, Colombia) 08/2013; 80(181):51-60), "Modelos de Usuario y Sistemas Adaptativos de Aprendizaje" (Memorias Congreso Internacional de Investigación en Ingeniería de Sistemas (Tunja, Colombia), 04/2014; ISSN: 2382-3593; 206-213) y "Mallas computacionales y la integración multimedial para la colaboración investigativa virtual" (*Revista Virtual Universidad Católica del Norte*. 01/2011; 1(30):85-104).

Carolina González Serrano es Ingeniera de Sistemas, Magíster en Telemática y Doctor en Ciencias de la Información y las Comunicaciones.

Ella se encuentra vinculada laboralmente como Docente Titular del Departamento de Sistemas de la Universidad del Cauca, en la ciudad de Popayán (Colombia). Respecto a su productividad científica destaca: "Focus Group como Proceso en la Ingeniería de Software: una Experiencia desde la Práctica" (*Dyna* (Medellin, Colombia) 08/2013; 80(181):51-60), "Modelo Arquitectónico para la Interoperabilidad entre Instituciones Prestadoras de Salud" (*Revista Ingeniería Biomédica*, ed: Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2012, v.6 fasc.12:3-13) y "Ontology-based Framework for Electronic Health Records Interoperability." (*Studies In Health Technology And Informatics*, Noruega; 2011; ed: v.169: 694-698).

Néstor F. Peña Estrella es estudiante de Ingeniería de Sistemas de la Universidad del Cauca.

Anexo B

**Iniciativas relacionadas con el proyecto
(Estado de arte)**

Propuesta	Modelo Estudiante		Observaciones
	¿Trata el Modelo?	Guiado a partir de...	
AHAM (Wu, De Bra, [1], [2])	Si	Define las cinco características básicas a ser adaptadas en un modelo de estudiante: conocimiento, objetivos de usuario, antecedentes, experiencia con el sistema y preferencias.	En el modelo de estudiante hay distinción entre los procesos de (i) inicialización, (ii) actualización, (iii) generación de la adaptación. Fija los fundamentos de los Sistema Hipermedia Adaptativos.
Paradigma del Aprendizaje Tutorial (Bork [3])	No	Tutoría Socrática. Espacio de aprendizaje del estudiante guiado por el desarrollo de la "Zona de Proximidad" definida por L. S.Vigotsky. La clave del proceso es la individualización.	Diseño de materiales por grupos interdisciplinarios de profesionales. Se requieren varios enfoques de aprendizaje dependiendo de los estilos de aprendizaje de cada estudiante. La evaluación permite determinar el ritmo de aprendizaje del estudiante. Los diseñadores deciden cuál información del estudiante se almacenará para su posterior uso en el sistema, empleando scripts y programación lógica. Problemas: (i) no es posible la reutilización de conocimiento en el sistema para otras unidades de aprendizaje, (ii) dependencia de programadores.
Representación del Conocimiento. (Kravčik, M., & Gašević [4])	Si	Modelo pedagógico a partir de los estándares <i>IMS Simple Sequencing</i> e <i>IMS Learning Design</i> . Modelo de Adaptación con Semánticas de Adaptación para describir objetos individuales (usuario y contexto). Técnicas de navegación y presentación adaptativa.	Problema: complejidad en la representación del conocimiento en el proceso pedagógico. La experiencia del aprendizaje adaptativo personalizado no es controlada por reglas uniformes. Los modelos de dominio, usuario y contexto corresponden a un conocimiento declarativo, mientras que los modelos pedagógico y de adaptación corresponden al conocimiento procedimental. Pretende emplear los métodos de LAOS [5], LAG [6] y FOPS [7] como estrategia de flexibilidad, interoperabilidad y reuso a nivel de

			estrategias de adaptación según las preferencias del usuario.
LAOS. (Cristea & de Moij [5])	Si	Implementado sobre la estructura de AHAM y MOT [8].	Basado en 5 modelos: (i) dominio (ii) objetivos y restricciones, (iii) usuario, (iv) adaptación, (v) presentación. Pretende la separación de los diferentes tipos de conocimiento empleando operadores lógicos dentro del motor de adaptación.
Granularidad de Adaptación (Cristea [6])	Si	Basado en AHAM. Evolución del conocimiento de usuario según el Grafo Genético de Goldstein [9]. Matriz de los cuatro paradigmas en el modelado de estilos cognitivos. Modelo de Jakobson [10]	Considera que los procesos relacionados con el modelado de usuario definido por AHAM son necesarios pero poco efectivos en las herramientas de <i>authoring</i> . Tres niveles de adaptación: (i) bajo (técnicas o reglas de adaptación directa), (ii) medio (adaptación de lenguaje), (iii) alto (estrategias de adaptación). Estudiantes tipificados en cuatro paradigmas de estilos de aprendizaje [11]: activos, reflexivos, abstractos y concretos. Perfiles de estilos cognitivos: <i>converger</i> , <i>diverger</i> , <i>assimilator</i> , <i>acomodador</i> . Instanciación en MOT. Trabajo a partir de ontologías.
WINDS project (Kravicik [4], [12], [13])	Si	Guiado por el uso del sistema ALE [14]. Construido desde la perspectiva de los Sistemas Tutores Inteligentes.	En su proceso, (1) los profesores especifican sus requerimientos pedagógicos, (2) Los autores producen cursos adaptativos especificando conocimiento declarativo a fin de lograr la adaptación, empleando el sistema ALE [14], (3) el autor determina cómo las unidades serán presentadas al usuario.
ALE (Kravicik & Specht, [14])	Si	El modelado de estudiante se basa en el modelo histórico, que almacena todos sus eventos con respecto al estado de cada objeto de	El proceso de desarrollo de objetos de aprendizaje soporta cuatro arquitecturas de aprendizaje: (i) receptiva, (ii) directiva, (iii) descubrimiento guiado, (iv) exploratoria. El modelado que conduce al

		<p>aprendizaje relacionado; se realiza anotación de los respectivos links.</p> <p>Es posible configurar el nivel de privacidad del recorrido.</p> <p>Anotaciones adaptativas con respecto a los objetos.</p> <p>Presentación de objetos de aprendizaje según preferencias del estudiante.</p>	<p>desarrollo de experiencias de aprendizaje tiene cinco estados: (i) Análisis Granular: identificación de los resultados de rendimiento deseados, (ii) Diseño y minado: estructura de la solución, capturando los objetivos de aprendizaje, verificando soluciones existentes, (iii) re-uso y desarrollo: desarrollo de los contenidos, (iv) provisión, (v) mantenimiento.</p> <p>Uso del estándar LOM metadata.</p> <p>Uso de estilos de aprendizaje de Kolb [11].</p> <p>Asignación de pesos pedagógicos a los estilos de aprendizaje según resultados de evaluaciones.</p> <p>Almacenamiento de eventos en Base de Datos con <i>timestamp</i>.</p>
<p>TANGRAM (Jovanović et al, [15])</p>	Si	<p>Ontología de modelo de usuario.</p> <p>Estándares IEEE PAPI [15] e IMS LIP [16].</p>	<p>Sistema empleado para el ensamble dinámico de contenidos de aprendizaje personalizado en la web semántica.</p> <p>Permite descomponer objetos de aprendizaje en unidades de contenido más pequeñas, las que pueden luego re-ensamblarse en nuevos objetos personalizados al dominio de conocimiento del usuario, preferencias y estilos de aprendizaje.</p> <p>Emplea las ontologías (i) ontología de estructura de contenidos, (ii) ontología de tipo de contenido (rol pedagógico), (iii) ontología de ruta de aprendizaje, (iv) ontología de dominio, (v) ontología de modelo de usuario.</p>
<p>MUSE (Carmagnola, et al [17])</p>	Si	<p>Representación ontológica.</p> <p>Posee reglas de modelado de usuario y reglas de adaptación.</p>	<p>Framework multidimensional para la representación de ontologías y reglas en sistemas hipermedia adaptativos que usa ontologías OWL y reglas SWRL.</p> <p>Representación ontológica que incluye taxonomías de: modelo de</p>

Iniciativas relacionadas con el proyecto 159

			usuario, acciones del usuario, de dominio, de dispositivos, de contexto, adaptación de objetivos, adaptación de métodos.
ASTRALS (Plaza, et al [18])	Si	Definición propia. Perfilamiento del usuario.	A pesar de ser un proyecto guiado a la Telemática, es interesante identificar la forma en que se abstrae la personalización del sistema por medio de los perfiles de servicio, terminal y usuario, con la explicación de cada uno de los campos que lo componen en una taxonomía particular.
DIADEM (Elliman [19])	No	Realiza el perfilado de los usuarios por medio de Sistemas Expertos, a fin de personalizar las páginas.	Delivering Inclusive Access to Disabled and Elderly Members (DIADEM). Sistema desarrollado para asistir a los adultos mayores a 70 años en el empleo de <i>web services</i> específicos, tomando como base la disfunción en la capacidad de memorización y atención. Muestra la arquitectura de la solución en alto nivel. El perfil de usuario puede almacenarse por <i>tokens</i> a fin de hacerlo portable.
e-Portfolio (ISO Standard, [20])	No	Brinda características del perfil del usuario.	Analiza y determina el modelo de referencia para implementar un portafolio digital que sirva de acompañamiento al estudiante en sus procesos formativos. Resalta su uso soportar el proceso personal para el aprendizaje reflexivo, la evidencia cotejada de aprendizaje, experiencia y logros.
Lerner Profile Design Model (Wu & Yang, [21])	Si	Características extraídas del estándar PAPI [15]. El usuario registra su perfil y luego solicita objetos de aprendizaje, en lo cual un agente mina la información del perfil y selecciona el objeto.	Arquitectura del sistema eLearning basada en agentes. Ampliación del modelo de perfil de usuario a 9 categorías. Hay actualización dinámica del perfil.

INSPIRE (Papaniko laou et al. [22])	Si	Fundamentado en los procesos de recordar, usar y encontrar según el estilo de aprendizaje de cada estudiante, por medio de presentación adaptativa.	Basado en la selección de objetivos del usuario. Genera lecciones que correspondan al nivel de conocimiento y estilo de aprendizaje del estudiante. Uso de las definiciones de los cuatro estilos de aprendizaje de Kolb [11]: Activista, Pragmático, Reflexivo y Teorista. El modelo de estudiante integra la historia en el sistema y el nivel de conocimiento se grada en diferentes valores cualitativos.
--	----	---	--

Referencias

- [1] H. Wu, *et al.*, "AHAM: A Reference Model to Support Adaptive Hypermedia Authoring," presented at the Proc. van de Zesde interdisciplinaire conferentie informatiewetenschap, 1999.
- [2] P. De_Bra, *et al.*, "AHAM: A Dexterbased Reference Model for Adaptive Hypermedia," *Proceedings of the ACM Conference on Hypertext and Hypermedia*, p. 10, 1999.
- [3] A. Bork, "Tutorial Learning for the New Century," *Journal of Science Education and Technology*, vol. 10, p. 15, 2001.
- [4] M. Kravčik and D. Gašević, "Knowledge Representation for Adaptive Learning Design," in *AH2006, ADALE Workshop*, Dublin, 2006, p. 11.
- [5] A. Cristea and A. de_Mooij, "LAOS: Layered WWW AHS Authoring Model and their corresponding Algebraic Operators," presented at the Proceeding of 12th WWW Conference, Budapest, Hungary, 2003.
- [6] A. Cristea and L. Calvi, "The three Layers of Adaptation Granularity," presented at the International Conference on User Modelling, Johnstown, PA, USA, 2003.
- [7] M. Kravcik, "Specification of Adaptation Strategy by FOSP Method," in *AH 2004: Workshop Proceedings*, 2004, p. 7.
- [8] A. Cristea and A. d. Mooij, "Adaptive Course Authoring: MOT, My Online Teacher," presented at the ICT-2003, IEEE LTTF International Conference on Telecommunications, "Telecommunications + Education" Workshop, Tahiti Island in Papetee - French Polynesia, 2003.
- [9] I. Goldstein, "The genetic graph: a representation for the evolution of procedural knowledge," *International Journal of Man-Machine Studies*, vol. 11, p. 26, 1979.
- [10] R. Jakobson, Ed., *Closing Statements: Linguistics and Poetics* (Style in Language. MIT Press, Cambridge, 1960, p.^pp. Pages.
- [11] D. Kolb, *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. New Jersey: Prentice Hall, 1984.

Iniciativas relacionadas con el proyecto 161

- [12] M. De_Grassi, *et al.* (2000, Teaching Construction in the Virtual University: The WINDS Project. Available: <http://itc.scix.net/data/works/att/w78-2000-252.content.pdf>
- [13] M. Specht, *et al.*, "Adaptive Learning Environment for Teaching and Learning in WINDS. Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems." vol. 2347, P. De Bra, *et al.*, Eds., ed: Springer Berlin / Heidelberg, 2006, pp. 572-575.
- [14] M. Kravcik and M. Specht, "Authoring Adaptive courses- ALE Approach," presented at the IASTED International Conference Web-Based Education, Innsbruck, Austria, 2004.
- [15] IEEE, "IEEE P1484.1/D6, 2000-11-14. Draft Standard for Learning Technology - Learning Technology Systems Architecture (LTSA)," in *Public and Private Information (PAPI) for Learners (PAPI Learner)*, ed. New York: IEEE, 2000, p. 171.
- [16] IMS_Global_Learning_Consortium, "IMS Learner Information Package Specification," in *IMS Learner Information Packaging Best Practice and Implementation Guide. Version 1.0 Final Specification.*, ed: IMS, 2001, p. 183.
- [17] F. Carmagnola, *et al.*, "A Multidimensional Framework for the Representation of Ontologies in Adaptive Hypermedia Systems " presented at the Proceedings of the 9th Congress of the Italian Association for Artificial Intelligence, Milán, Italia, 2005.
- [18] P. Plaza, *et al.*, "Information Societies Technology (IST) Programme-Project ASTRALS," in *Service Personalization/ Profiling*, I. S. Technologies, Ed., ed, 2007, p. 98.
- [19] A. Elliman, "Delivering Inclusive Access for Disabled or Elderly Members of the community (DIADEM). Final Report," Information Society Technologies. Europe Union 3, 14 Septiembre 2010 2010.
- [20] International_Organization_for_Standardization and IEC, "ISO/IEC JTC1 SC36 ISO-IEC 20013 - e-Portfolio Reference Model – PDTR Text for ballot," in *Information Technology for Learning, Education, and Training*, ed: ISO, 2010, p. 38.
- [21] X. Wei and J. Yan, "Learner Profile Design for Personalized E-Learning Systems," presented at the Computational Intelligence and Software Engineering. CiSE 2009. International Conference, Wuhan, 2009.
- [22] K. Papanikolaou, *et al.*, "INSPIRE: An INtelligent System for Personalized Instruction in a Remote Environment," in *Third Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia. Lecture Notes in Computer Science*, Berlin, 2001, p. 11.

Anexo C

Proceso de caracterización de elementos

1. Proceso de caracterización de elementos

Para identificar los elementos que son tenidos en cuenta para constituir modelos de estudiante se desarrolló una revisión guiada por la metodología de "Investigación Documental" [1], la cual incluye cinco fases, a saber:

- I. Fase Preparatoria. En la que se contextualiza el estudio, definiendo el método, la temática y núcleos temáticos fundamentalmente.
- II. Fase Descriptiva. Reconocida como el trabajo de campo, con el cual se identifican los diferentes estudios realizados sobre el tema en cuestión.
- III. Fase de Interpretación por Núcleos Temáticos. Fase en la que se realiza el análisis basado en cada núcleo temático, a fin de recabar evidencias y derivar resultados.
- IV. Fase de Construcción Teórica Global. Se fundamenta en un balance del conjunto de resultados del estudio.
- V. Fase de Extensión y Publicación. Consiste en la divulgación de los resultados.

La metodología se apoya en ocho factores para la ejecución del estudio, a saber: (1) Aspectos formales, (2) Asunto investigado, (3) Delimitación contextual, (4) Propósito, (5) Enfoque, (6) Metodología, (7) Resultados, (8) Observaciones.

Los primeros seis factores serán cubiertos en la Fase preparatoria, en tanto los factores 7 y 8 serán cubiertos en las Fases Descriptiva, de Interpretación y de Construcción Teórica Global.

Se procede a describir la aplicación de esta metodología.

1.1 Fase preparatoria

A continuación se presentan los aspectos de contexto de la investigación documental.

1.1.1 Aspectos formales

El presente estudio se desarrolla dentro del proceso investigativo del proyecto titulado "Marco de Referencia para la Elaboración de Modelos de Estudiante en Sistemas Adaptativos de Aprendizaje", para el cual en primera instancia se pretende identificar el conjunto de elementos que son tenidos en cuenta por diferentes aproximaciones para caracterizar a cada estudiante, dentro del proceso de Modelado de Estudiante.

1.1.2 Asunto investigado

El estudio se centra en la identificación de elementos constitutivos de los Modelos de Estudiante, que proveen las características primarias con las que operan los sistemas adaptativos de aprendizaje.

1.1.3 Delimitación contextual

La temática corresponde a los sistemas informáticos de aprendizaje, que ejecutan actividades instruccionales, diagnósticas, recomendadoras, adaptativas o de personalización, y en particular los Modelos de Estudiante que se conforman a su interior, tomando elementos fundamentales propios de cada estudiante.

Del presente estudio harán parte los siguientes núcleos temáticos (objetos de estudio) donde son definidos los elementos que se pueden integrar al Modelo de Estudiante, a saber: (1) definiciones teóricas, (2) aproximaciones, (3) estándares y (4) ontologías.

1.1.4 Propósito

El estudio tiene por objeto "caracterizar los elementos que los sistemas adaptativos de aprendizaje emplean (y deberían emplear), para dotar al modelo de estudiante de la información necesaria". En este sentido, con la identificación de elementos específicos del modelo de estudiante en los núcleos temáticos

seleccionados, se constituirá un importante hito a partir del cual será posible establecer guías para su desarrollo, especialmente en sistemas de aprendizaje del tipo adaptativo, aportando mayor orden y completitud al proceso.

Por lo anterior, la pregunta que guía el trabajo es: ¿Cuáles elementos se tienen en cuenta en la caracterización del estudiante y son dispuestos en el modelo de estudiante?

1.1.5 Enfoque

A fin de enmarcar el referente del estudio, se hace necesario identificar los conceptos relevantes a emplear, con el propósito de reducir la posible ambigüedad en la interpretación, de la siguiente manera:

- Se considera aproximación a toda definición de sistema, modelo, framework¹, implementación o recomendación que aporte elementos característicos para los sistemas adaptativos de aprendizaje.
- Elemento: variable empleada en el Modelo de Estudiante que registra características específicas de cada usuario. Algunos elementos al compartir características comunes pueden agruparse dentro de categorías o clases.
- El actor principal en las distintas aproximaciones puede denominarse: Estudiante, Usuario o preferentemente Participante en correspondencia con lo definido en 2003 por la ISO/IEC JTC1 SC36².
- Un estándar es "un documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido que provee para el uso común y repetido reglas, guías o características para actividades o sus resultados, con el ánimo de lograr un grado óptimo de orden en un contexto dado" ISO/IEC Guide 2:1996³

¹ En el contexto del proyecto, framework se contextualiza como un conjunto de conceptos, prácticas, criterios y elementos que componen bloques de construcción para guiar un tipo de problema en un dominio particular. Dado que el framework tiene un comportamiento genérico, los desarrolladores pueden tomar selectivamente ciertos elementos por bloque; lo que sirve como referencia para abordar y resolver nuevos problemas de naturaleza similar. A partir de la definición de [2] I. O. f. S. ISO. (2007, 5 de Septiembre 2011). *Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems. ISO/IEC 42010 :: IEEE Std 1471 (Version 5.4 ed.)*. Available: <http://www.iso-architecture.org/ieee-1471/faq.html#wh42010>. [3] C. Reynoso, "Introducción a la Arquitectura de Software," *Universidad de Buenos Aires*, Marzo 2004.

² <http://www.cen-itso.net/main.aspx?put=235>

³ <http://www.etsi.org/WebSite/Standards/WhatIsAStandard.aspx>

- Una ontología se define como un conjunto de primitivas de representación para modelar un dominio de conocimiento o de discurso, tales primitivas pueden ser clases (conjuntos), atributos (propiedades) y relaciones entre clases [4]. Adicionalmente pueden vincularse funciones, instancias y reglas de restricción o axiomas⁴.
- Nivel de granularidad: concepto empleado para determinar el grado de especificidad que se brinda a una característica, por medio de un determinado número de elementos. Un "alto nivel de granularidad" sugiere que la característica a identificar tiene en cuenta muchos aspectos a considerar, de manera contraria se define un "bajo nivel de granularidad".

1.1.6 Metodología

El presente estudio será cumplido con una investigación de tipo exploratorio sobre diferentes especificaciones teóricas, aproximaciones, estándares y definiciones ontológicas, de manera que sobre el supuesto de la existencia de sistemas de aprendizaje -sean adaptativos o no-, éstos tienen en consideración información propia de cada estudiante para ejecutar sus actividades, la cual es depositada en los Modelos de Estudiante.

El estudio se cumplió por medio de las siguientes actividades:

- a) Identificación de aportes teóricos, aproximaciones, estándares y ontologías, fundamentado en la consecución de documentación técnica- científica que las respalde, a fin de hallar con mayor precisión los elementos de caracterización del estudiante en relación con el objetivo propuesto. Teniendo en cuenta la diversidad de aportes existentes con características heterogéneas, diferentes objetivos, dispersas en la línea de tiempo, se procede a acotar el estudio seleccionando una muestra, según la aplicación de los siguientes criterios:
 - Actualidad en su desarrollo, preferiblemente en el periodo de los últimos siete (7) años, para el caso de aproximaciones y ontologías. Entre tanto las definiciones de estándar estarán guiadas por la fecha de su más reciente versión.
 - Documentación soportada en artículos relacionados en índices bibliográficos relevantes o portales del proveedor/ organización.

⁴ <http://tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm>

Los resultados de la ejecución de esta actividad se exponen en el apartado 1.2 Fase Descriptiva.

- b) Mapeo de términos. Dada la heterogeneidad de términos en aproximaciones, estándares y ontologías, se hace necesario identificar el contexto de cada elemento brindado y relacionarlo con sus complementarios, a fin de captar correspondencias semánticas (proceso de mapeo); cuando esto ocurre, se procede a generar un término genérico. El agregado de términos genéricos puede apreciarse en el apartado 1.3 Fase de Interpretación por Núcleos Temáticos.
- c) Análisis de Elementos. A este nivel ya se han identificados los elementos que tienen en cuenta las aproximaciones, los estándares y las ontologías; ahora se realiza la interpretación de elementos entre todos los objetos de estudio. El resultado de esta actividad puede observarse en el numeral 1.4 Fase de Construcción Teórica Global y en específico en la Tabla 1.10: Mapeo general de elementos y Figura 1.1: Resumen de Elementos del Modelo de Estudiante a partir de los Objetos de Estudio. Estas actividades permitieron generar las observaciones del estudio (numeral 1.4.2), conclusiones (numeral 1.4.3) y discusión (numeral 1.4.4).

Los siguientes mapas de procesos dan cuenta del proceso seguido (Ver Figuras 1.1 y 1.2).

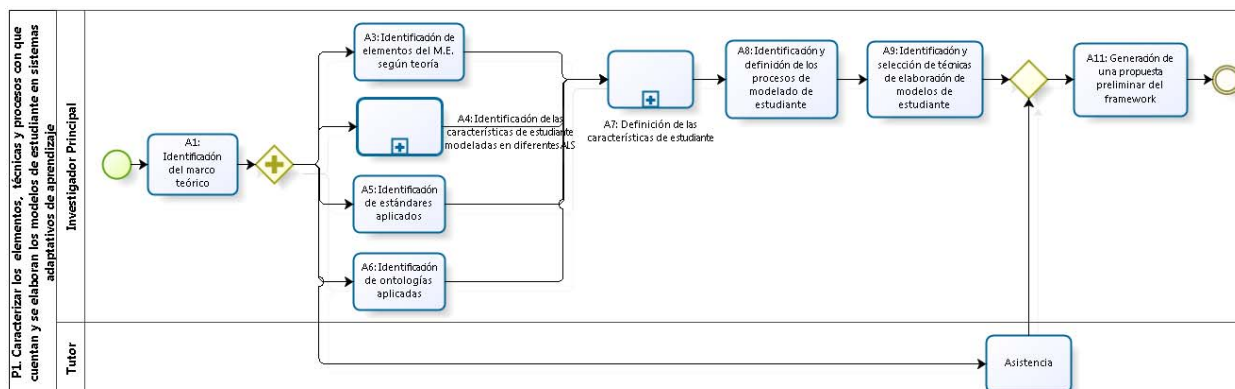


Figura 1.1. Mapa de proceso: Caracterización de elementos, técnicas y procesos.

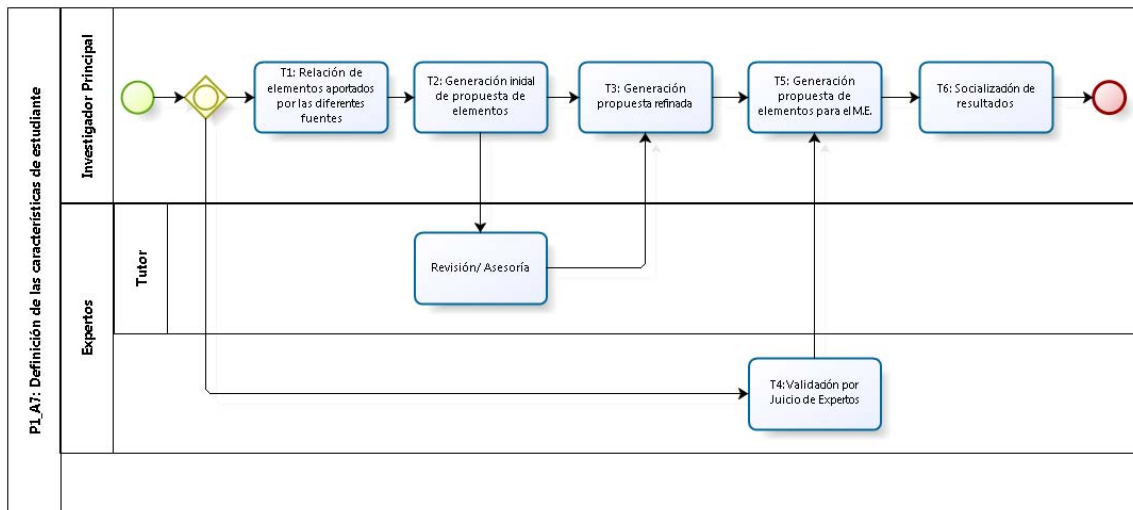


Figura 1.2. Mapa de proceso: Caracterización de elementos, técnicas y procesos.

1.2 Fase descriptiva

En la revisión documental, fue posible establecer con respecto a los elementos de un modelo de estudiante (usuario o participante), que existen: (1) especificaciones teóricas que sugieren los elementos "que deberían" contener según las definiciones de autores destacados en el área; (2) aproximaciones como sistemas implementados que consideran algunos de tales elementos; (3) estándares que especifican elementos formalizados; y (4) ontologías con definiciones homogéneas validadas por comunidades. A continuación se describen todos ellos.

1.2.1 Especificaciones Teóricas Respecto al Contexto del Modelo de Estudiante

Diferentes aportaciones científicas en los últimos 50 años se han registrado en cuanto al valor del modelo de estudiante en sistemas de aprendizaje y lo que debería contener. Una amplia definición la brindan Specht & Oppermann en [5], al especificar que el modelo de estudiante consiste de tres partes principales: (1) La configuración del estudiante, (2) La representación del modelo de conocimiento y (3) El modelo de intereses. El primero de ellos almacena la información referente a las preferencias de lenguaje, multimedios, interfaces, anotaciones personales y el curso actual registrado por el estudiante. El modelo de conocimiento del estudiante almacena las unidades de aprendizaje ya trabajadas, a partir de

evidencias de tipo comprobado, inferido o solicitado. Finalmente, el modelo de intereses constituye un clúster de intereses del estudiante, ya sean explícitos o hipotéticos. De esta manera se observa que la información dinámica del modelo se capta tanto en el modelo de conocimiento, como en el modelo de intereses.

Conceptos adicionales del modelo estudiante especifican que:

- El modelo de estudiante está conformado por información de dos posibles tipos: (1) Información referente al usuario e (2) Información referente al uso, que incluye datos del sistema, del hardware, software y entorno físico [6].
- La construcción de un modelo del estudiante conlleva a especificar: "el "quién" está siendo modelado y cuál es la historia del estudiante, el "qué", o las metas, planes, aptitudes, capacidades, conocimiento y creencias del estudiante; el "cómo" el modelo es adquirido y mantenido; y el "por qué", incluyendo cómo serán las respuestas por parte del estudiante para darle asistencia, para proporcionarle realimentación, o para interpretar su comportamiento" [7].
- El modelo de estudiante debe contener información dinámica, propia de la ejecución del proceso de adaptación dentro del sistema e información estática [8].
- Peter Brusilovsky, en una revisión detallada de sistemas adaptativos, complementada por su vasta experiencia en el tema, define en [9-10] que los sistemas adaptativos generalmente modelan para sus usuarios los intereses, contexto, preferencias, conocimiento y registros particulares según el campo de aplicación.

A partir de esto, ésta parte del estudio se focaliza en identificar los elementos que teóricamente se han definido como integrantes del modelo de estudiante (elementos que no necesariamente fueron definidos en sistemas efectivamente implementados), que se enuncian a continuación y se resumen en la tabla 1.

- Información Personal del Estudiante: categoría constituida por la información tendiente a identificar al estudiante desde las perspectivas demográfica, geográfica y psicográfica [6-8].
- Nivel de Conocimiento del Estudiante: información relacionada con la definición del estado, preferencias, avance y necesidades de conocimiento/desconocimiento en que se encuentra el estudiante, con respecto al dominio de conocimiento propio del sistema [6-8, 11-12].

- Sistema: categoría que describe la información derivada de la interacción del estudiante con el sistema, incluyendo sus preferencias y capacidades para manipularlo [6-8, 11-12].
- Objetivos y Perspectivas del Estudiante: esta categoría pretende describir la proyección de logros que pretende alcanzar el estudiante con respecto a su nivel personal y el dominio de conocimiento, incluye sus temas de interés [6-8, 11].
- Características Psicopedagógicas del Estudiante: recopila la información que describe al estudiante en términos de sus características psicológicas y de actividad pedagógica, integrando las cognitivas, afectivas, emotivas, de comportamiento, capacidades, hábitos y gustos [6-7].
- Entorno del Estudiante: categoría que incluye la información del entorno informático y ambiental del estudiante al relacionarse con el sistema [6].
- Trabajo Grupal: categoría que describe las relaciones del estudiante con otros y su vinculación a agrupaciones [8, 12].

CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA/ ELEMENTOS	ELEMENTOS
Información personal [6-8]	Geográfica	región, municipio, dirección, clima, locación (rural/ urbano)
	Demográfica	registro personal, nombre, apellidos, edad, sexo, talla, peso, estado civil, religión, nacionalidad
	Psicográfica	Estilo de vida, personalidad, clase social
	valoración del usuario	
Nivel de conocimiento	Estimado con respecto al dominio de conocimientos [6, 11-12]	
	Términos desconocidos respecto al dominio de conocimiento [6]	
	Preferencias del dominio de conocimiento [6-7, 12]	
	Historial de conocimiento [7-8, 11-12]	
	Nivel de progreso [7]	
	Necesidades [12]	
Sistema	Historial de interacciones [8, 11]	
	Ruta seguida [6, 8, 11]	Visitas, tiempo
	Preferencias [6, 12]	
	Capacidad, nivel de experticia y destreza de uso [6-7]	
Objetivos y Perspectivas	Intereses [6-7]	
	Intenciones [7-8]	Desideratum
	Objetivos [6-7, 11]	
Características Psicopedagógicas	Estilos de aprendizaje de preferencia [7, 13-14]	
	Experiencia del usuario [7]	Capacidades y habilidades
	Hábitos [6]	
	Tipo de material de agrado [7]	
Entorno del estudiante	Características del sistema informático [6, 13, 15]	Hardware, software, conectividad

Trabajo grupal	Interacciones sociales [8]	Grupo, subgrupos y características [12]
----------------	----------------------------	---

Tabla 1.1. Caracterización de elementos considerados por especificaciones teóricas.

1.2.2 Aproximaciones

En este núcleo temático fueron caracterizadas las aproximaciones descritas a continuación.

- LeActiveMath⁵ [16-19], proyecto creado con la intención de proveer soporte para estudiantes de matemáticas. Definido como un "entorno de aprendizaje basado en web genérico y adaptativo". Emplea la metáfora del libro para presentar contenido educativo a partir del perfil de cada estudiante (información básica, objetivos de aprendizaje, escenarios). El sistema está desarrollado a partir de los estándares OpenMath, IEEE LOM y Maths QTI. Su modelo de estudiante (Extended Learner Model- xLM) se compone de tres partes: diagnóstico, modelo de estudiante abierto y gestión. Las características base para conformar el Modelo de Estudiante son: Dominio de conocimiento o disciplina, Errores conceptuales y de procedimiento, Competencias, Disposiciones afectivas (gustos, orgullo, ansiedad, satisfacción), Disposiciones de motivación (intereses, confianza, esfuerzo), Metacognición, Estado de actividad en el sistema y Estado de actividad de Navegación.
- Knowledge Tree⁶, Knowledge Sea [20]. KnowledgeTree es "una arquitectura para e-Learning adaptativo basado en actividades de aprendizaje inteligente, reusables y distribuidas" [20]. KnowledgeTree cuenta con cuatro clases de servidores: servidores de actividad, servicios de valor agregado, portales de aprendizaje y el modelo de estudiante; éste último tiene como finalidad monitorear del estudiante su progreso, los cambios en los objetivos, conocimiento e intereses. Knowledge Sea es un portal complementario que brinda estructuras de tratamiento para el material educativo por medio de tecnologías de recuperación de información y redes neuronales auto-organizadas.
- Artemisa [21]. Proyecto que pretende desarrollar componentes independientes e interoperables para sistemas de aprendizaje inteligentes, en los que tal inteligencia se base en la representación del conocimiento y

⁵ <http://www.leactivemath.org/>

⁶ http://knowledgetree.org/Main_Page

aptitudes del estudiante. La adaptación se cumple por medio de la evaluación de las acciones y conocimiento del estudiante.

- CUMULATE [22]. Sistema que propone una aproximación con la que se pretende alinear los modelos de capa superpuesta que corresponden al conocimiento del estudiante que ha sido recopilado por diferentes herramientas educativas, a partir de elementos como el Conocimiento del estudiante y las Evidencias de su trabajo.
- SIETTE [23]. Es un sistema desarrollado para asistir a docentes e instructores en el proceso de evaluación, por medio de tests adaptativos ajustados al nivel de conocimiento de cada estudiante. Emplea fundamentalmente características como las Aptitudes y el Nivel de conocimiento del estudiante.
- GRAPPLE-GALE [24-26]. Proyecto respaldado por la Unión Europea con el objetivo de ofrecer características de aprendizaje adaptativo a los LMS (Learning Management Systems). En éste, el modelo de usuario contiene la representación del conocimiento, los estilos de aprendizaje, el historial de navegación e información general independiente del dominio de conocimiento.
- Learner Profile Design Model [27]. Propone un modelo para el diseño de perfiles de estudiante, con el objetivo de facilitar el desarrollo de sistemas e-learning personalizados. El modelo extiende la especificación estándar IEEE PAPI [28] y se centra en la información personal crítica para facilitar el aprendizaje (preferencias de contenido y tiempo de estudio, registros de actividad, grados, calificaciones, certificados, licencias, entre otros).
- Modelo Dinámico del Estudiante [29]. Proyecto que implementa un sistema multi-agente, aplicando redes neuronales y sistemas expertos para la actualización de las características del estudiante, cuyo modelo se construye con base en trabajos previos [30], que refiere ocho aspectos fundamentales en el estudiante, a saber: (1) Estilo de Aprendizaje, (2) Personalidad, (3) Perfil académico, (4) Perfil psicológico, (5) Datos Personales, (6) Estado anímico, (7) Contexto y (8) Medio ambiente.
- DIADEM [31]. Su objetivo es proveer al usuario un web browser que monitoree la habilidad del usuario para interactuar con el sistema y de esta manera ofrecer personalización de la interfaz, de modo que se optimice la asistencia. Emplea características como registros del Comportamiento del estudiante, Características generales del usuario, Preferencias, Rasgos cognitivos y Necesidades de interacción con respecto al sistema.
- Cordillera [32]. Sistema de tutoría en lenguaje natural que aplica técnicas de reforzamiento de aprendizaje que promuevan estrategias pedagógicas sobre la interacción humana con el sistema. El modelo de aprendizaje se

constituyó a partir del estudio de 50 características, destacando que las orientadas al dominio y el desempeño del sistema fueron las que más influenciaron, en tanto la del desempeño de usuario y sus antecedentes, raramente se emplearon. Emplea elementos como: Necesidades del estudiante, Nivel de conocimiento, Aptitudes, Desempeño y Conocimientos previos.

- AdaLearn [33]. Es un sistema desarrollado como entorno e-learning adaptativo basado en web que se fundamenta en recopilar dentro del perfil de estudiante las respuestas que brinda a fin de emplearlas en actividades de guía futura; las preferencias de aprendizaje son captadas para la provisión de objetos de aprendizaje.
- AGENT-DYSL [34]. Este proyecto desarrolla un framework para la provisión de servicios de monitoreo de estudiantes con problemas de dislexia, identificando las necesidades de aprendizaje de cada uno. Considera elementos como: Necesidades cognitivas, Dificultades de aprendizaje, Características de interfaz de usuario y Registros de actividad.
- iWeaver [35]. Proyecto que considera al modelo de estudiante como un instrumento estandarizado usado para evaluar el perfil de estilos de aprendizaje y formas de realimentación usadas para mejorar las experiencias del estudiante recabando la información considerada subjetiva. Toma en cuenta elementos como: Estilos de aprendizaje, Información demográfica, Respuestas a tests, Feedback, Selecciones de navegación, Experiencias perceptuales e Intereses.
- Affective Computing Approach [36]. Proyecto que estudia la detección de características emotivas en los rostros de los estudiantes, a fin de establecer una escala de afectividad para aplicar características adaptativas. Toma en consideración las características: Emociones, Intereses y Motivaciones.
- Portland VLE [37] [38]. Propone un modelo y un framework de desarrollo para un Entorno de Aprendizaje Personal Adaptable, que incluye las necesidades o preferencias individuales del estudiante atendiendo el tratamiento de discapacidades.
- AdaptWeb [39]. Sistema adaptativo al contexto, que emplea métodos para adaptar tanto la presentación como la navegación de un curso web, en correspondencia con lo contenido en el modelo de estudiante (conocimiento y preferencias, fundamentalmente). Se complementa con un agente eTeacher para proveer recomendaciones personalizadas dependiendo tanto del perfil como del desempeño del mismo estudiante.
- SAVER [39]. Sistema de provisión de material adaptativo que opera con el agente eTeacher (descrito en la aproximación AdaptWeb), incluye el uso de

redes bayesianas para generar la provisión de recomendaciones con respecto a los Estilos de aprendizaje y el Desempeño del estudiante.

- ADOPTA [40-41]. Plataforma para la construcción de servicios de juegos educativos (ADaptive technOlogy-enhanced Platform for eduTAInment). Es un sistema modular que incluye herramientas de authoring para establecer el contenido del curso e-learning, aplicaciones de instructor para la creación del curso según estrategias pedagógicas y el motor que es responsable de la provisión del contenido adaptado a cada estudiante. El sistema selecciona el contenido para el usuario según la información de su dominio de estudio y describe relaciones entre ellos. Se fundamenta en los estilos de aprendizaje según la teoría de Honey and Mumford [42].
- Affective Computing Learning- Embodied Pedagogical Agents (EPA) [43]. Aproximación que presenta agentes basados en la relación entre los estados afectivos del estudiante y su uso en entornos de aprendizaje. Emplea Sistemas de Modelado Abiertos, en los que los estudiantes pueden ver y tratar la información que de ellos se ha representado. El sistema es sensitivo al contexto y adaptativo a los niveles y habilidades de los estudiantes, respondiendo al problema con el fin de maximizar el aprendizaje. El modelo de estudiante se inicializa con un nivel sobre el dominio matemático particular, el cual se inspecciona y edita por los docentes según el progreso del mismo estudiante, y a partir de ello se brindan respuestas emotivas, a fin de obtener empatía para la interacción. Se basa en elementos como: Habilidades y destrezas, Expectativas pedagógicas, Objetivos de aprendizaje y Emociones.
- WHURLE- DEUS [44]. Definido como un Sistema Adaptativo Hipermedia que fundamenta su modelo de estudiante en los Estilos de aprendizaje y las prioridades de conocimiento.
- CIMEL-ITS [45]. Se describe como un sistema tutorial que define un framework pedagógico a partir de las definiciones dadas por Felder-Silverman [46] (estilos de aprendizaje). El sistema actúa con cuatro modelos: red de evaluación curricular, Evaluador Experto, Modelo de Estudiante y el Agente Pedagógico. Emplea como caso de estudio la instrucción formativa para el modelado de sistemas UML previo al proceso de implementación en código. En tal sentido emplea técnicas de llenado del historial y en virtud de éste adecuar las respuestas de realimentación según factores de relevancia sobre el material instruccional. La adaptación a las preferencias de aprendizaje se cumple disponiendo el material en tal sentido.
- Adaptive Mobile Learning [47]. Aproximación que define una estructura para proveer personalización, adoptando un enfoque híbrido que vincula dos

técnicas de machine learning, donde el modelo de estudiante consiste de cuatro componentes: Learner Status, Situation Status, Knowledge and Shared Properties Status y Educational Activity Status. Estos componentes captan características como: Comportamiento, Intereses, Emociones, deseos y sentimientos, Habilidades físicas y cognitivas, Objetivos, Intenciones, Contexto de aprendizaje, Información personal y Estado del sistema.

- Patrones de comportamiento y estado afectivo [48]. Aproximación que usa los estados afectivos de los estudiantes para personalizar sistemas LMS, a partir de la especificación de patrones a nivel de confianza, esfuerzo, independencia y confusión.
- KISSME- Knowledge, Interaction, and Social Student Modelling Explorer [49]. Emplea visualizaciones altamente interactivas sobre los contenidos producto de la interacción de varios estudiantes. Se emplea el sistema con el objetivo de generar y probar modelos predictivos de interacciones a fin de optimizar el aprendizaje. El modelo de estudiante se fundamenta en las relaciones del usuario y su conocimiento.
- e-LORS [50]. Corresponde a una especificación flexible que permite ser adoptada por una variedad de sistemas e-learning. Usa el perfil de aprendizaje del estudiante (Preferencias y Nivel de Conocimiento) para recomendar objetos de aprendizaje, confrontando permanentemente los intereses del estudiante con los materiales a proveer.
- Modelado basado en grafos [51]. Realiza el modelado de estudiante a partir de definiciones ontológicas, cuyas capacidades se amplían con los aportes de la teoría de grafos, empleando grafos ponderados, lo que permite acercarse al reconocimiento de preferencias, intereses y relaciones por parte del usuario. Se basa su modelo de estudiante en: Conocimiento, Preferencias, Intereses, Conexiones sociales e Información personal.
- Technology enhanced Learning [52]. Muestra un amplio estudio sobre el uso de los estilos de aprendizaje y su aprovechamiento dentro de sistemas hipermedia adaptativos. Adicionalmente considera elementos como: Nivel de conocimiento, Habilidades, Comportamiento, Desempeño, Intereses y satisfacción, Historial de interacción, Objetivos, Grupos, Entorno y Experiencia de uso.

La siguiente tabla relaciona en su primera columna la denominación de la aproximación considerada para el estudio, en la columna intermedia se relacionan los elementos que internamente son considerados y en la tercera columna se emitirán observaciones siempre que lo amerite la aproximación.

APROXIMACIÓN	ELEMENTOS	OBSERVACIONES
LeActiveMath [16-19]	Dominio de conocimiento o disciplina. Errores conceptuales y de procedimiento. Competencias. Disposiciones afectivas (gustos, orgullo, ansiedad, satisfacción). Disposiciones de motivación (intereses, confianza, esfuerzo). Metacognición. Estado de actividad en el sistema. Estado de actividad de Navegación.	La adaptación se cumple solo en la interacción del diálogo con el estudiante y la actualización de creencias
Knowledge Tree, Knowledge Sea [20]	Objetivos. Conocimiento. Intereses.	Por ser una arquitectura basada en servidores, aún se encuentran algunos en desarrollo.
Artemisa, Samuel [21]	Learner knowledge (misconception)	No aplica
CUMULATE [22]	Student's work evidence. User knowledge.	Rendimiento en la transaccionalidad entre servidores, cuellos de botella y latencias en la red.
SIETTE [23]	Aptitudes. Student's level of knowledge.	No aplica
GRAPPLE-GALE [24-26]	Información Independiente del dominio. Capability/ preference profile. Historial de navegación.	Es importante considerar su trabajo en cuanto al terreno de la interoperabilidad de modelos de estudiante.
Learner Profile Design Model [27]	Nombre, teléfono, dirección, referencia, e-mail, dirección postal. Roles. Lenguaje, región, nivel de edad, preferencia de dispositivos input/output, preferencia de contenidos, preferencia de tiempo para estudiar . Recoding-date-time (time begin, time end), complete percentage, total time accumulate, score. Degree, transcription, qualifications, certificates, licenses.	Restringido exclusivamente a lo definido en el estándar.
Modelo Dinámico del Estudiante [29]	Ambiental (sonido, luz, temperatura, diseño, clima, día de la semana, hora). Historial (logros obtenidos (cualitativa/ cuantitativamente), unidades educativas usadas (materiales o actividades), tiempos requeridos, dificultades encontradas, actividades realizadas, logs de interacciones).	No aplica

	<p>Sociológica (Aprendizaje individual, aprendizaje en parejas, aprendizaje con compañeros, aprendizaje con un superior, contexto sociocultural).</p> <p>Académico (logros obtenidos, competencias/ nivel).</p> <p>Personalidad (Ambigüedad, tolerancia, ansiedad, campo dependientes/ independientes, aprendizaje activo/ pasivo, confianza, sentido del progreso y logros), Estado anímico actual (afectivos, interés, motivación, confort).</p> <p>Emocional (Motivación, persistencia, responsabilidad, estructura).</p> <p>Estilos de Aprendizaje (Extroversión/ Introversión, Sensitivo/ Inductivo, Pensador/ Sensorial, Juzgador/ Perceptivo, Activo/ reflexivo, Inductivo/ Deductivo, Visual/ Verbal, Secuencial/ Global, Activo/ Reflexivo, Divergente/ Convergente, Asimilador/ Acomodador, Visual/ Auditivo, Lector- Escritor/ Kinestético, Teórico/ Pragmático).</p> <p>Psicológica (cerebro izquierdo/ derecho, 4 cuadrantes, Inteligencias múltiples, PNL).</p> <p>Datos personales (Nombre, fecha de nacimiento, sexo, raza, lengua madre, localización geográfica, visión, audición, lateralidad, fotografía).</p> <p>Contextuales (dispositivos de acceso del cliente, tipo de acceso a la red, estado de la red, estado de carga del servidor, terminal (resolución, tamaño, etc.), sistema operativo, dirección IP).</p>	
DIADEM [31]	<p>User behavior logs.</p> <p>User characteristics.</p> <p>User preferences.</p> <p>Cognitive declines (Perception and processing, memory, problem solving, attention).</p> <p>End-user interaction needs with online forms.</p>	No aplica
Cordillera [32]	<p>Student needs.</p> <p>Knowledge level.</p>	No aplica

Proceso de caracterización de elementos 179

	Aptitude. Student performance. Background.	
AdaLearn [33]	Learning preferences. Individual learning needs. Learner's behavior. Learner's history. Time spent by the learner on a learning object. the next section. Information about the learners(his/her id and password, address, telephone number, fax number).	No aplica
AGENT-DYSL [34]	Necesidades individuales de conocimiento. Dificultades y deficiencias de aprendizaje. Características de uso: tipo de letra, color, tamaño, fondos, estilo de presentación. Edad, fecha de alta, semestre, clase. Tiempo estimado de estudio.	No aplica
iWeaver [33, 35]	Estilos de aprendizaje (Impulsivo, reflexivo, global y analítico). Learner's characteristics. Learner's preferences. Demographic data. Pre- and post-test answers. Lesson feedback (including experience ratings). Navigational choices. Preferencia de experiencias perceptuales. Intereses.	No aplica
Affective Computing Approach [36]	Emociones, intereses y motivaciones.	No aplica
Portland VLE [37-38]	Dificultades de aprendizaje. Dificultades y discapacidades físicas: destrezas motoras. Estilos de aprendizaje. Necesidades y preferencias.	Los métodos de evaluación del progreso son auto-cuestionados y ameritan trabajos futuros.
AdaptWeb [39]	Knowledge. Course (area of knowledge). User's preferences. Background.	No aplica
SAVER [39]	Learning style. Student performance. Student's logs.	No aplica
ADOPTA [40-41]	User goals. Preferences. Learning styles.	No aplica

	Knowledge background.	
Affective Computing Learning. Embodied Pedagogical Agents (EPA) [43]	Habilidades, Destrezas. Expectativas pedagógicas. Objetivos de aprendizaje. Habilidades. Emociones.	No aplica
WHURLE, DEUS [44]	Prioridades de conocimientos. Preferencias en estilos de aprendizaje.	No aplica
CIMEL-ITS [45]	Learning Style. Knowledge level. Student errors.	El sistema define el estilo de aprendizaje a partir de las preferencias expresadas por el estudiante.
Adaptive Mobile Learning [47]	Comportamiento (dependiente de la situación y el entorno). Intereses. Emociones, deseos y sentimientos. Salud, habilidades físicas. Habilidades sociales. Habilidades cognitivas. Objetivos, metas y planes. Intenciones, programación, necesidades actuales. Email, edad, género, educación, profesión. Learner's context (physical and device). Estado general del sistema: dispositivos, redes, recursos hardware y software, capacidades de dispositivo, ancho de banda, velocidad de procesamiento, capacidad de almacenamiento, resolución calidad de sonido, intensidad de sonido, batería, capacidad de red, conectividad, sistema operacional.	No aplica
Patrones de comportamiento y estado afectivo [48]	Parámetros: motivación (confianza, esfuerzo, independencia, confusión, control, reto, fantasía, interés sensitivo, interés cognitivo, satisfacción), interés y proclividad.	Es una aproximación generalizada para los sistemas LMS, no aplicada a un sistema específico.
KISSME - Knowledge, Interaction, and Social Student Modelling Explorer [49]	Learner interactions. Knowledge.	Se debe considerar que se trata de una técnica en específico.
e-LORS [50]	Preferencia personal y social, participación de actividades grupales. Nivel de Conocimiento. Estilos de aprendizaje.	No aplica
Modelado basado en grafos [51]	Knowledge.	Se hace la exposición de la

	User's preferences. Interests. Personal information (location). Social connections.	técnica propuesta. Lo que puede ser aprovechado no solo en sistemas ALS.
Technology enhanced learning [52]	Background. User skills and capabilities. User behavior. User performance and user cognitive workload. User interests, user satisfaction. Usage data (user history and user experience). Knowledge of the domain. User goals, Intention of use. Groups of users. Trust and privacy issues. Environment: location, locale, software, hardware. Usability, perceived usefulness.	Documento de revisión de estado de arte.

Tabla 1.2. Caracterización de Elementos Aportados por las Aproximaciones

1.2.3 Estándares

Dentro del proceso de caracterización de los elementos propios del Modelo de Estudiante, los estándares brindan un aspecto formal que dan una base de aceptación en el área. De esta manera, sobre otro núcleo temático se pretenden identificar los elementos del Modelo de Estudiante que son especificados a partir de los estándares aplicables.

1.2.3.1 Organizaciones seleccionadas

Tomando en consideración el aporte en el ámbito de eLearning sobre la temática del estudio, las siguientes organizaciones fueron inspeccionadas:

- IEEE. The IEEE Standards Association (IEEE-SA). <http://standards.ieee.org/>, particularmente en su grupo Learning Technology Standardization Committee (LTSC), disuelto en diciembre de 2001.
- ISO/ IEC. International Organization for Standardization (ISO). http://www.iso.org/iso/iso_catalogue.htm. International Electrotechnical Commission (IEC), específicamente en el grupo Information Technology for Learning, Education and Training.

- IMS Global Learning Consortium. <http://www.imsglobal.org/specifications.html>, en el grupo Learner Information.
- CEN. European Committee for Standardization. <http://www.cen-ltso.net/main.aspx?put=1061>, con sus grupos: CEN Workshop on Learning Technologies (WS-LT) y CEN TC 353 "ICT for Learning, Education, and Training".
- CELTSC. Chinese e-learning Technology Standards Committee. <http://www.celtsc.edu.cn/>, en el grupo Learner Information Standards.

1.2.3.2 Estándares identificados

Los estándares que aportan elementos directos al Modelo de Estudiante/ Usuario/ Participante, son:

- IEEE 1484.2 "Standard for Information Technology – Public and Private Information (PAPI) for Learners (PAPI Learner)" [28, 53]. Especificación desarrollada por el IEEE LTSC, con la pretensión de "soportar el intercambio de información del estudiante entre diferentes sistemas. Especifica la sintaxis y semántica de un Modelo de Estudiante que es caracterizado a partir de su conocimiento y/o habilidades"⁷. Su roadmap revela desarrollos desde 1997, hasta Noviembre de 2001 en 8 diferentes drafts. Ante la disolución del grupo IEEE Learning Technology Standardization Committee (LTSC) el trabajo fue asumido por el grupo ISO/IEC JTC1 SC36, particularmente en el WG3- Participant Information cuyo objetivo es "hacer el seguimiento de avances en el área de estándares relacionados con la información del estudiante de organizaciones como LTSC, IMS, CEN, entre otras".
- IMS Learner Information Package (IMS LIP) [54]. Esta especificación aborda la interoperabilidad de sistemas de Información de Estudiante basados en Internet, con otros sistemas que soportan los entornos de aprendizaje en Internet. En tal sentido, pretende definir un conjunto de paquetes que puedan emplearse para importar o extraer información desde servidores de información de estudiante compatibles con IMS⁸.
- CEN CWA 14926:2004 [55]. El CEN Workshop Agreement CWA 14926 describe el estándar para desarrollar modelos de datos, protocolos y

⁷ <http://www.cen-ltso.net/Main.aspx?put=230>

⁸ <http://www.imsglobal.org/profiles/>

enlaces con los que sea posible expresar los requerimientos europeos específicos en los temas relacionados con información del estudiante. En dicho entorno se considera que las iniciativas que aportan al modelado de estudiante son The European Curriculum Vitae (CV), The European Certificate Supplement, The Europass, The Diploma Supplement y el UK HE Transcript [56]; es importante anotar que para el CEN, el presente CWA es complementado por el CWA 15455 para la definición de competencias⁹, el cual a su vez extiende la representación de usuario a partir de IMS LIP.

- ISO/IEC 20013 e-Portfolio Reference Model [57]. Especificación trabajada por el ISO/IEC JTC1 SC36 (Information Technology for Learning, Education, and Training- ITLET), actualmente reportada en desarrollo, por cuanto se considera en vía de estandarización. Su desarrollo se realiza en respuesta a la demanda de modelos de referencia para soportar los sistemas ITLET en cuanto a los requerimientos de estudiantes, instructores, proveedores de servicios e-learning, entre otros, en contextos como educación K-12, educación superior, entrenamiento y desarrollo¹⁰.
- CELTS- Learner Information Model [58-60]. En sus apartados CELTS-11 y CELTS-13, el instituto chino define una especificación para el modelo de estudiante, con la que crea un conjunto de características individuales del modelo de estudiante aplicables sin distinción de edad, antecedentes o áreas.

Vale la pena aclarar que el estándar ISO/IEC 24703:2004 Participant Identifiers podría aportar elementos al presente estudio, pero no fue posible acceder a su información técnica.

1.2.3.3 Caracterización a Nivel de Estándares

A continuación se relacionan los estándares descritos en el apartado 1.2.3.2 Estándares Identificados, cada uno relaciona sus categorías.

- IEEE 1484.2 Public and Private Information (PAPI). Cuenta con las categorías: Personal, Relaciones, Seguridad, Preferencias, Desempeño y Portafolio.
- IMS Learner Information Package. Sus categorías son Accesibilidad, Actividad, Afiliación, Competencia, Objetivos, Identificación, Intereses, Calificaciones, certificaciones y licencias (QCL), Relaciones, Seguridad y Expediente.

⁹ http://www.cen-wslt.din.de/sixcms_upload/media/3378/CWA14926.pdf

¹⁰ http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=50960

- European Diploma Supplement (DS). Sus categorías son: Lenguaje, Información personal, Nivel de cualificación, Resultados, Información adicional, Información demográfica, Información del sistema educativo.
- European Curriculum Vitae (CV). Define las siguientes categorías: Información personal, Experiencia laboral, Formación educativa, Destrezas y competencias personales.
- UK Learner Profile. Incluye las categorías: Estudiante, Cualificación, Registro de aprendizaje y logros educativos, Aprendizaje no formal, Reconocimientos, Autenticación e Información de soporte.
- ISO/IEC 2013 e-Portfolio Reference Model. Toma en consideración las categorías: Perfil, Educación y formación, Carrera, Calificaciones, certificaciones y licencias (QCL), Experiencia, Resultados, Realimentación y Reflexiones.
- CELTS- Learner Information Model. Toma en consideración las categorías: Información personal, Información académica, Información de gestión, Relaciones, Seguridad, Preferencias, Desempeño y Portafolio.

La siguiente tabla permite identificar las categorías y elementos que describe cada uno de los estándares considerados en el estudio. En ciertos casos se brinda una breve descripción, en tanto intencionalmente se transcribe la definición de categorías y elementos como términos anglosajones, con el objetivo de no perder precisión semántica al momento de realizar la traducción.

ESTÁNDAR	CATEGORÍAS	ELEMENTOS
IEEE 1484.2 Public and Private Information (PAPI)	Personal	Información acerca del estudiante que no se relaciona directamente con la medición y almacenamiento de su desempeño, progreso, configuración o alojamiento. Información: Identifier, name (family, given, other, pre/post title, lineage), telephone, e-mail address, postal address, reference.
	Relations	Información referente a las relaciones del estudiante con otros. Identifier, relations_label, relation_to_them, relation_to_me, relations_bucket.
	Security	Información acerca de las credenciales de seguridad para el estudiante. Identifier, credential, security_bucket.
	Preferences	Información pública acerca del estudiante para mejorar la interacción humano- máquina, de modo que se posibilite la adaptación del sistema a sus necesidades. Incluye características de interfaz, técnicas y formas de presentación de contenidos. Información: Identifier, language (script, country), input/output device (label, type, preference (pre_include, post_include)), Spoken Language, Written Language, Age

		<p>Level, Region, Content Preferences, Learning Style, Pre-Include, Post-Include.</p> <p>Device Preferences (Context, preference_name, Preference rating, Preference priority, Device name, Device type, Method, Protocol, Coding, Encoding, Other).</p> <p>Input/Output Devices (Security, Text, Speech, Graphics, Audio, Video, Tactile, Session Choosing, Other).</p>
	Performance	<p>Su objetivo es registrar el desempeño del estudiante.</p> <p>Información: content identifier (identifier, issue_from_identifier, issue_date_time, issue_to_identifier, learning_experience_identifier, competency_identifier), timestamp (recording_date_time, valid_date_time_begin, valid_date_time_end), performance coding scheme, metric, value, valid date, who received, certification (certification_source, certification_method, certification_parameter_list, certification_subset, certification_identifier), granularity (tamaño del contenido), performance_bucket.</p> <p>Llaves primarias: Learner-Identifier, Recording-Date-Time, and Content-Identifier.</p>
	Portfolio	<p>Proyectos y trabajos del estudiante que soportan sus habilidades y logros.</p> <p>Información: reference (label, type, reference), Identifier, media_id_type, media_id, media_lom_list, media_papi_learner_performance_list, media_competency_definition_list, portfolio_bucket.</p>
IMS Learner Information Package	Accessibility	<p>Accesibilidad general a la información del estudiante como la definida a través de las capacidades de lenguaje, discapacidades, elecciones y preferencias de aprendizaje incluyendo las preferencias cognitivas, físicas y tecnológicas.</p> <p>Información: cognitive, technical and physical preferences for the learner, their language capabilities, disability and eligibilities. Language (proficiency, ext_language), eligibility, preference (code, description, ext_preference), disability.</p>
	Activity	<p>Actividades de formación en que se ha involucrado el estudiante.</p> <p>Información: education/training, work and service (military,community, voluntary, etc.) record and products (excluding formal awards). Puede incluir descripción de los cursos tomados y registros de su evaluación.</p> <p>Date, status, units, learning_activity_ref, definition, product, testimonial, evaluation (date, objectives, status, duration, result, ext_evaluation), description</p>
	Affiliation	<p>Almacena las descripciones de las afiliaciones del estudiante.</p> <p>Información: Membrecía en una clase relevante, cohorte, grupos, etc. Puede soportarse esta información de IMS Enterprise specification.</p> <p>Identifier, classification, role (date, status, description).</p>
	Competency	<p>Descripción de las destrezas, conocimiento y habilidades adquiridas por el estudiante, ya sea en los dominios cognitivo, afectivo o psicomotor, las que pueden ser vinculadas a información de su historial (de activity) o a</p>

			reconocimientos formales (de qcl). Se puede incluir el nivel específico de competencia. Información: ex_reference_record (date, description).
	Goal		Descripción de objetivos y aspiraciones personales. Puede incluir información de monitoreo del progreso. Información: goals and sub-goals. Date, priority, status, description, goal, ext_goal.
	Identification		Información personal (biográfica y demográfica) del individuo u organización. Información: names, addresses (pobox, street, locality, city, statepr, region, country, postcode, timezone, geo (lat, lon)), contact information (telephone, facsimile, mobile, pager, email, web), demographics (representation, gender, date, placebirth, uid) and agent (id, agentdomain, description)
	Interest		Descripción de hobbies y otras actividades recreativas. Las actividades deben tener el reconocimiento formal (en 'qcl'). También puede contener los productos de tales intereses en versión electrónica. Información: product (date, description, ext_interest).
	Qualifications, certifications and licences (qcl)		Corresponde a calificaciones, certificaciones y licencias concedidas al estudiante por su aprendizaje o historial. Información: Entidad adjudicadora y copias electrónicas de documentos reales. Title, organization, registration, level, date, description, ext_qcl.
	Relationship		Relaciones con otras estructuras de datos. Información: tuple(source, relation, destination), description.
	Security key		Información del acceso seguro. Información: passwords, certificates, PINs y authentication keys.
	Transcript		Resumen del registro académico en una institución particular. Información: ex_reference_record (date, description).
CEN CWA 14926:2004	European Diploma Supplement (DS)	Language	Language, typename, comment, proficiency, langtype (default language), communicationdirection (describes all types of skills), communicationmode, level, extension
		Information about the Holder of the Qualification	Family name, Given name, Date of Birth, Student identification number or code
		Information Identifying the Qualification	Name of qualification and title conferred, main field of study for the qualification, name and status of Awarding Institution, Name and status of institution administering studies, Language of instruction/ examination
		Information on the Level of the Qualification	Level of qualification, Official length of programme, Access requirements
		Information on the Contents and Results gained	Mode of study, Programme requirements, Programme details, grading scheme and grade distribution guidance, overall classification of the qualification
		Information	Access to further study, Professional status

		on the Function of the Qualification	
		Additional information	Additional information, further information sources
		Certification of the supplement	Date, signature, capacity, official stamp or seal
		Information on the national Higher Education System	Information on the national Higher Education System
European Curriculum Vitae (CV)	Personal Information	Name, Address, Telephone, Fax, e-mail, Nationality, Date of Birth	
	Work Experience	Dates (From-To), Name and address of employer, Type of business or sector, Occupation or position held, Main activities and responsibilities	
	Education and training	Dates (From-To), Name and type of organisation providing education and training, Principal subjects/ occupational skills covered, Title of qualifications awarded, Level in national classification	
	Personal skills and competences	Mother tongue, Other languages (Reading skills, Writing skills, Verbal skills), Social skills and competences, Technical skills and competences, Other skills and competences, Driving Licence	
UK Learner Profile	Student	Name, Date of Birth, Institutional reference number, HESA reference number	
	Qualification	Name of Qualification, Level of Qualification in NQF, Name of Awarding Institution, Name of institution delivering the programme, Languages of instruction, Languages of assessment Professional Body accreditation, Statutory Regulatory Body recognition/approval	
	Record of Learning and Achievement	Name of programme, Module or unit study code, Module or unit study title, Number of credits for each module/unit, Date (year) in which credit awarded, Mark or grade for each module/unit, Number of attempts for each module/unit	
	Other types of Learning within a programme	Study Abroad, Work Placement, Work Experience, Accredited prior certificated and experiential learning, Accredited Key Skills, Index to evidence of achievement within Progress File	
	Award	Overall credits achieved, Overall mark / grade, Overall classification or performance indicator, Professional / Statutory Body recognition, Date of Award	
	Authentication	Date of Issue, Telephone for validation	
	Explanatory information	Guidance on how to interpret the Transcript, Information on the grading scheme, Overview of the NQF, Overview of the UK HE system	
ISO/IEC 20013 e-	Profile	Identification	Forname, name, address (country, region, city, street, postcode), contactinfo (telephone, facsimile, mobile, pager,

Portfolio Reference Model		email), demographics (representation, gender, date, placeofbirth, uid)	
	Goal	Goal (typename, description, date, priority, status, goal)	
	Interest	Interest (typename, comment, product, description)	
	Student	Personal information (Management, Activity History), Curricula (Self-evaluation, Summary report, Summary presentation, Write self-report, Lecture evaluation), Counsel (Application)	
	Instructor	Subject (Lecture note, Homework report, Lecture evaluation report), Counsel (History)	
	Education & Training		Education History, Training History, Grade
	Career	Affiliation	Affiliation-Class- (typename, comment, classification, organization, date, status, affiliation, description), affiliation-School- (typename, comment, classification, organization, date, status, affiliation, Description)
	Qualification, Certificate, License		QCL (title, organization, registrationnumber, Level, date, description), Transcript, Reference
	Experience		Participation (Title, purpose, role, term of activity, result).
	Outcome		Digital Artifact (title, type, created date, subject related to outcome), Non-digital Artifact (title, subject related to outcome, stored location, and others).
	Feedback		Advisory (Title date, contents, name, and others)
	Reflection		Description (title, comment types, reflection content, and others)
CELTS-Learner Information Model	Personal information		Label, external label, name, telephone number, e-mail address, mailing ad-dress, personal files, and extended metadata
	Academic information		Label, external label, university, profession, class, study plans, study completion, and extended metadata
	Management information		Label, external label, expense information, reward and punishment, changes, academic certificates, and extended metadata
	Relationship information		Label, external label, directory entry, relationship, and extended metadata
	Security information		Label, external label, directory entry, security credence, and extended metadata
	Preference information		Label, external label, previous set of preferences, follow-up set of preferences, equipment preferences, interests and extended metadata
	Performance information		Label, external label, owner, date, effective date, expiry date, promulgation, publisher, publishing date, publishing object, learning experience, educational level, size, performance coding schemes, performance measurement, performance value, authentication information, and extended metadata
	Portfolio information		Label, external label, type of media label, media labeling, citation of metadata of the learning object, citation of the performance information, citation of learning, citation of certification, and extended metadata

Tabla 1.3. Caracterización de Elementos Aportados por los Estándares.

1.2.4 Ontologías

En la actualidad es reconocida la relevancia de las definiciones ontológicas para la unificación de conceptos en sistemas de información, principalmente de tipo web. Desde la perspectiva de Modelos de Estudiante se marca la necesidad de recurrir a las definiciones ontológicas, a fin de verificar su aporte a la unificación de conceptos sobre los elementos de tales modelos, siendo éste el tercer núcleo temático del estudio.

Es importante destacar que el procedimiento de identificación de aproximaciones ontológicas ha permitido reconocer un reducido primer grupo de propuestas realizadas por organizaciones específicas y que cuentan con un amplio respaldo en su uso y conformidad, adicionalmente en un segundo grupo se hallan propuestas a nivel individual que no han tenido un impacto mayor a los del contexto de prueba y aplicación en que fueron desarrolladas, lo cual no las hace menos importantes, pero obviamente deben agotar un mayor recorrido para ubicarse dentro del primer grupo, razón por la cual no son incluidas.

1.2.4.1 Identificación de Ontologías

Cumplida la revisión de definiciones ontológicas se logró establecer que dentro de las formalizadas, usadas y avaladas por la comunidad se cuenta con:

- FOAF¹¹. En correspondencia con lo que define su portal, FOAF es "definido como un diccionario de propiedades y clases usando tecnología RDF del W3C (World Wide Web Consortium). Fundamentalmente FOAF surge a partir de un proyecto (Friend of a Friend) para vincular personas e información por medio de la Web; integra tres clases de redes: sociales de comunicación humana, amistad y asociación. FOAF reúne una variedad de términos, algunos describen personas, otros grupos y otros documentos. A la fecha, FOAF se registra en la versión 0.98 de agosto de 2010.
- User Model¹². User Model surge dentro del avance que se registra en el proyecto "IntelLEO Ontology Framework", para alcanzar la representación formal de información relevante de cualquier miembro de una amplia organización, a partir de datos personales destacables para las actividades

¹¹ <http://xmlns.com/foaf/spec/>

¹² <http://intelleo.eu/ontologies/user-model/spec/>

de aprendizaje o construcción de conocimiento ya sea a nivel individual o grupal. La ontología User Model está guiada a modelar usuarios y sus colaboraciones con equipos. A nivel de usuarios, las principales características y elementos básicos de su grafo social son tomados de la ontología FOAF. User Model extiende su representación hacia el modelado de objetivos de aprendizaje, armonizando los objetivos personales y organizacionales. Su más reciente versión corresponde a la 1.1, cumplida en marzo de 2012, por un grupo que demuestra sus avances en el campo por medio de documentos científicos por más de 7 años [61].

- SIOC¹³. (Semantically-Interlinked Online Communities). Desarrollo de ontología soportado por el Science Foundation Ireland, con el objetivo de establecer los principales conceptos y propiedades necesarios para describir información de comunidades online sobre la Web Semántica (como message boards, wikis, weblogs, etc.). Su estructura surge a partir de FOAF. La más reciente revisión corresponde 1.35 de Marzo de 2010.

1.2.4.2 Caracterización a Nivel de Ontologías

Respecto a cada ontología, a continuación se identifican las clases que aportan a la caracterización del estudiante/ usuario/ participante.

- FOAF [62]. Integra las clases: Agente, Organización, Grupo, Persona, Documento, Imagen, Cuenta en línea, Documento de perfil personal, Proyecto, Etiqueta de propiedad, Cuenta de chat, Cuenta de comercio electrónico y Cuenta de juegos.
- User Model [63]. Está compuesta por las clases de Preferencias de Competencias, Preferencias de email, Entidades seguidas, Objetivos y prioridades, Objetivos de aprendizaje, Etiqueta de objetivo de aprendizaje, Estatus de membresía, Preferencia para el monitoreo de eventos, Preferencias de monitoreo, Tipo de prioridad, Reconocimientos, Preferencias de recomendación, Eventos sociales, Posición social, Notificaciones sociales, Competencia perseguida, Equipo, Invitaciones del equipo, Membresía, Participación en el equipo, Tiempos, Preferencia temática, Usuario, Cuenta de usuario, Prioridades definidas por el usuario, Preferencias y Progreso.
- SIOC [64]. Compuesta por las clases: Comunidad, Contenedor, Foro, Item, Post, Rol, Locación, Espacio, Hilo, Cuenta de Usuario y Grupo.

¹³ <http://sioc-project.org/ontology>

1.2.4.2.1 FOAF

La información presentada a continuación ha sido tomada de su fuente [62], tanto en el nombre de la clase, como los términos de sus propiedades.

CLASE	PROPIEDADES
foaf:Agent	Weblog, icqChatID, msnChatID, account, age, mbox, yahooChatID, tipjar, jabberID, status, openid, gender, interest, holdsAccount, topic_interest, aimChatID, birthday, made, skypeID, mbox_sha1sum.
Corresponde a un agente, como una persona, grupo, software o artefacto físico.	
Subclase: Organization, Group, Person.	Usado con: member, maker.
foaf:Group	Member
Representa una colección de agentes individuales (y puede por sí mismo desempeñarse como agente)	
foaf:Organization	
La clase Organization representa una clase de agente que corresponde a instituciones sociales como compañías, sociedades. etc.	
Excluyente de: Person, Document.	
foaf:Person	myersBriggs, familyName, publications, lastName, family_name, firstName, currentProject, surname, knows, workInfoHomepage, pastProject, geekcode, schoolHomepage, workplaceHomepage, img plan.
La clase Person representa a personas. No hay diferencia si la persona está viva, muerta o es imaginaria.	Usado con: knows.
Excluyente de: Organization, Project.	
foaf:Document	Topic, sha1, primaryTopic.
La clase Document representa las cosas que son concebidas en términos generales como documentos.	Usado con: weblog, openid, tipjar, accountServiceHomepage, isPrimaryTopicOf, workplaceHomepage, homepage, interest, workInfoHomepage, page, publications, schoolHomepage.
Subclase: PersonalProfileDocument, Image.	
Excluyente de: Organization, Project.	
foaf:Image	Thumbnail, depicts.
La clase Image es una subclase de Document, que corresponde a aquellos documentos que son imágenes.	Usado con: thumbnail, depiction, img.
foaf:Online Account	accountServiceHomepage, accountName.
La clase OnlineAccount representa la provisión de alguna forma de servicio online, por parte de alguien (indicado indirectamente vía accountServiceHomepage) a un agente. La propiedad account de un agent se usa para indicar cuentas que se asocian al agente.	Usado con: account, holdsAccount.
Subclase: Online E-commerce Account, Online Gaming Account, Online Chat Account.	
foaf:PersonalProfileDocument	

La clase PersonalProfileDocument representa aquellas cosas que son un documento y que usan RDF para describir propiedades de la persona que es el creador del documento.	
foaf:Project	
La clase Project representa la clase de cosas que son proyectos. Estos pueden ser formal o informal, colectivo o individual. Es con frecuencia usado para indicar el homepage de un proyecto.	
Excluyente de: Person, Document.	
foaf:Label Property Un LabelProperty es cualquier propiedad RDF con valores textuales que sirven de etiquetas.	
foaf:Online Chat Account	
OnlineChatAccount es un OnlineAccount dedicado a chat y mensajería instantánea. La cuenta puede también ofrecer otros servicios.	
foaf:Online E-commerce Account	
OnlineEcommerceAccount es un OnlineAccount dedicado a comprar y/o vender bienes, servicios, etc.	
foaf:Online Gaming Account	
OnlineGamingAccount es un OnlineAccount dedicado a juegos en línea.	

Tabla 1.4. Caracterización de elementos aportados por la Ontología FOAF.

1.2.4.2.2 User Model

La información presentada a continuación ha sido extraída literalmente de su fuente [63], tanto en el nombre de la clase, como los términos de sus propiedades.

CLASE	PROPIEDADES
um:CompPreference Esta clase representa las competencias preferidas por el usuario.	Subclase de: um:UserPreferences En el dominio de: um:prefCompetence
um:EmailPreferences Preferencias del usuario con respecto al uso de email como un canal de notificación y comunicación.	Subclase de: um:UserPreferences En el dominio de: um:emailNotificationFreq
um:FollowedEntity Representa en un nivel muy general, el concepto de seguir a alguien o a algo.	En el dominio de: um:followedCompetence, um:followedEntity, um:followedRole, um:followedUser, um:requiredToFollow, um:startedFollowing En el rango de: um:follows
um:GoalPriority Nivel de prioridad de un objetivo de aprendizaje del estudiante.	Subclase de: owl:Thing En el rango de: um:goalPriorityLevel
um:LearningGoal Refiere al objetivo de aprendizaje del estudiante. Es	Subclase de: owl:Thing En el dominio de: um:goalPriorityLevel,

expresado en términos de competencias que el estudiante quiere adquirir; puede abarcar una o más competencias.	um:goalProgress, um:hasLabel, um:recommendedBy, um:targetCompetence, um:goalDeadline, um:archived, um:assignedBy En el rango de: um:hasLearningGoal, um:isLabelOf
um:LearningGoalLabel La etiqueta que el usuario emplea para categorizar sus objetivos de aprendizaje. Es análogo al concepto de los labels Gmail y Google Docs; este permite la categorización flexible de objetivos de aprendizaje, posibilitando poner a un objetivo de aprendizaje en más de una categoría.	En el dominio de: um:isLabelOf En el rango de: um:hasLabel
um:MembershipStatus Estado de una persona dentro de un equipo. Puede tomar uno de los siguientes valores: Invitado, Aceptado, Caducado o Rechazado	Subclase de: owl:Thing En el rango de: um:status
um:MonitoredEventPref Esta clase representa una preferencia del usuario con relación al monitoreo de eventos particulares; que pueden ser una instancia de MonitoredEventPref para cada clase de evento monitoreado (a:MonitoredEvent)	En el dominio de: um:doMonitor, um:forEvent En el rango de: um:eventPreference
um:MonitoringPreferences Preferencias del usuario con relación al servicio de monitoreo del usuario	Subclase de: um:UserPreferences En el dominio de: um:eventPreference, um:anonymousMonitoring, um:monitoringSettings
um:PriorityType Esta clase representa diferentes tipos de prioridades que un usuario puede tener, tales como prioridades de temas, prioridades de competencias, etc. Posibles clases de prioridades son definidas como instancias de esta clase. Estas prioridades son usadas por el motor de recomendación cuando son procesadas recomendaciones para entregar al usuario.	En el rango de: um:priorityType
um:Recognition Reconocimientos brindados con relación a los logros, ayuda provista, recomendaciones brindadas, etc. Su intención es informar que la persona ha hecho algo realmente bueno/ destacado y así positivamente afecta cómo otros (en la organización) perciben a tal persona y sus competencias.	En el dominio de: um:givenBy, um:givenTo, um:message
um:RecommendationPreferences Preferencias del usuario con respecto a las recomendaciones que el sistema provee.	Subclase de: um:UserPreferences En el dominio de: um:hrRecommendationFreq, um:userSetPriority
um:SocialEvent Es una clase de notificación acerca del actual evento que tiene lugar y que es relacionado con una de las personas que el usuario está siguiendo.	En el dominio de: um:eventRef, um:relatedResource, um:isDeleted, um:isRead En el rango de: um:hasSocialEvent
um:SocialPosition Posición social del usuario dentro del equipo. Es definido como un conjunto de tres posibles posiciones (instancias): CentralPosition, PeripheralPosition, ProxyPosition	En el rango de: um:hasSocialPosition
um:SocialStream Representa una colección de notificaciones (SocialEvent) con respecto a los eventos de otros	En el dominio de: um:hasSocialEvent En el rango de: um:associatedSocialStream

usuarios que el usuario está siguiendo.	
um:TargetCompetence Competencia que el usuario pretende lograr, es parte de su objetivo de aprendizaje.	Subclase de: owl:Thing En el dominio de: um:competenceProgress, um:currentCompetenceLevel, um:hasChildTargetCompetence, um:targetCompetenceLevel, um:targetCompetenceRecord, um:targetCompetenceRef, um:goalCompetenceRelatedness, um:targetCompetenceDeadline, um:archived, um:assignedBy En el rango de: um:hasChildTargetCompetence, um:targetCompetence
um:Team	Subclase de: foaf:Group En el dominio de: um:assignedTo, um:hasMember, um:initiatedBy, um:selectionCriteria, um:hasLearningGoal En el rango de: um:inTeam, um:invitationForTeam
um:TeamInvitation Esta clase representa una invitación enviada (por ejemplo vía email) a un usuario para participar en un equipo; es definida como una subclase de la clase sioc:Post	Subclase de: sioc:Post En el dominio de: um:invitationForTeam, um:receiver, um:sender, um:status
um:TeamMembership Membresía del usuario dentro de un equipo	Subclase de: owl:Thing En el dominio de: um:associatedWith, um:inTeam, um:participationType, um:membershipEnds, um:membershipStarts, um:status En el rango de: um:hasMember, um:hasTeamMembership
um:TeamParticipation Tipo (nivel) de participación del usuario (compromiso) en las actividades del equipo	En el rango de: um:participationType
um:TimeFrame Esta clase es usada para expresar las preferencias del usuario con respecto a la frecuencia de recomendaciones, asistencia u otra clase de intervenciones ofrecidas por el sistema	En el rango de: um:emailNotificationFreq, um:hrRecommendationFreq
um:TopicPreference Esta clase representa las preferencias del usuario para cierto dominio temático (tal como tema de un dominio sujeto específico); los temas preferidos son representados tanto como conceptos de un apropiado dominio ontológico o como palabras clave (tales como tags definidos por el usuario)	Subclase de: um:UserPreferences En el dominio de: um:prefDomainConcept, um:prefKeyword, um:prefTopic
um:User Usuario	Subclase de: foaf:Person En el dominio de: um:associatedSocialStream, um:follows, um:hasCompetenceRecord, um:hasLearningStyle, um:hasPreferences, um:hasSocialPosition, um:hasTeamMembership, um:hasLearningGoal En el rango de: um:givenBy, um:givenTo, um:assignedBy, um:associatedWith, um:followedUser, um:initiatedBy, um:receiver,

	um:recommendedBy, um:sender
<p>um:UserAccount</p> <p>Esta clase es para representar la información relacionada con las diferentes cuentas online del usuario. Específicamente, es usado para almacenar el username/password y la URL del servicio o aplicación en la cual la cuenta fue abierta. Esta es definida como subclase de sioc:UserAccount class.</p>	<p>Subclase de: sioc:UserAccount</p> <p>En el dominio de: um:password</p>
<p>um:UserDefinedPriority</p> <p>La prioridad de ciertos recursos (temas, competencias, objetivos de aprendizaje, etc.) para el usuario dado, definida por él mismo. Estas prioridades son usadas por motores recomendadores, cuando se prepara una recomendación para el usuario.</p>	<p>Subclase de: owl:Thing</p> <p>En el dominio de: um:priorityScale, um:priorityType, um:priorityLevel</p> <p>En el rango de: um:userSetPriority</p>
<p>um:UserPreferences</p> <p>Las preferencias del usuario con respecto a la configuración de diferentes herramientas y servicios.</p>	<p>En el dominio de: um:preferenceSetDate</p> <p>En el rango de: um:hasPreferences</p>
<p>um:UserProgress</p> <p>Corresponde al nivel de progreso del usuario con respecto a su competencia destino o el objetivo completo de aprendizaje</p>	<p>Subclase de: owl:Thing</p> <p>En el dominio de: um:progressScale, um:userProgressLevel</p> <p>En el rango de: um:competenceProgress, um:goalProgress</p>
INSTANCIA	CONTEXTO
<p>um:Accepted</p> <p>El usuario aceptó la invitación para unirse al grupo/ equipo.</p>	<p>RDF Type: owl:Thing, um:MembershipStatus, owl:NamedIndividual</p>
<p>um:Active</p> <p>Participación activa que tienen aquellos usuarios que desempeñan una cantidad de actividades del equipo y son constantemente comprometidos en el trabajo del equipo</p>	<p>RDF Type: um:TeamParticipation, owl:NamedIndividual</p>
<p>um:CentralPosition</p> <p>Posición central</p>	<p>RDF Type: um:SocialPosition, owl:NamedIndividual</p>
<p>um:CompetencePriority</p> <p>La prioridad (i.e., relevancia) de las competencias adquiridas para el usuario dado</p>	<p>RDF Type: owl:NamedIndividual, um:PriorityType</p>
<p>um:Daily</p> <p>La preferencia del usuario para recibir recomendaciones de otra clase de asistencia ofrecida por el sistema diariamente</p>	<p>RDF Type: owl:Thing, um:TimeFrame, owl:NamedIndividual</p>
<p>um:GoalCompleted</p> <p>Objetivo cumplido</p>	<p>RDF Type: owl:Thing, um:UserProgress, owl:NamedIndividual</p>
<p>um:GoalInitiated</p> <p>El usuario ha iniciado a trabajar en el objetivo de aprendizaje, el cual además se refiere a la ruta de aprendizaje que él ha seleccionado, para cumplir el objetivo.</p>	<p>RDF Type: owl:NamedIndividual, um:UserProgress</p>
<p>um:GoalNotCompleted</p> <p>Objetivo no completado</p>	<p>RDF Type: owl:NamedIndividual, um:UserProgress</p>
<p>um:GoalNotInitiated</p> <p>El usuario ha definido el objetivo de aprendizaje que quiere cumplir, pero en el que aún no ha comenzado</p>	<p>RDF Type: owl:NamedIndividual, um:UserProgress</p>

a trabajar (caso tal de no haber seleccionado una ruta de aprendizaje a seguir para cumplir el objetivo)	
um:GoalPartiallyCompleted Objetivo parcialmente completado	RDF Type: owl:Thing, um:UserProgress, owl:NamedIndividual
um:High Objetivo de aprendizaje de alta prioridad	RDF Type: owl:Thing, um:GoalPriority, owl:NamedIndividual
um:Invited El usuario ha sido invitado a vincularse a un grupo/ equipo	RDF Type: owl:Thing, um:MembershipStatus, owl:NamedIndividual
um:LearningGoalPriority La prioridad (relevancia) de los objetivos de aprendizaje para el usuario dado	RDF Type: owl:NamedIndividual, um:PriorityType
um:LearningHistoryPriority La prioridad (relevancia) de su historia de aprendizaje para el estudiante dado	RDF Type: owl:NamedIndividual, um:PriorityType
um:Low Baja prioridad para el objetivo dado	RDF Type: owl:Thing, um:GoalPriority, owl:NamedIndividual
um:Medium Objetivo de aprendizaje de media prioridad	RDF Type: owl:Thing, um:GoalPriority, owl:NamedIndividual
um:Monthly Las preferencias de usuario para recibir recomendaciones de otra clase de asistencia ofrecida por el sistema mensualmente	RDF Type: owl:Thing, um:TimeFrame, owl:NamedIndividual
um:Passive Participación pasiva que tienen aquellos usuarios que cumplen solo pocas de las actividades y son raramente comprometidas en el trabajo de equipo	RDF Type: um:TeamParticipation, owl:NamedIndividual
um:PeripheralPosition Posición periférica	RDF Type: um:SocialPosition, owl:NamedIndividual
um:ProxyPosition Posición de Proxy	RDF Type: um:SocialPosition, owl:NamedIndividual
um:Reactive La participación reactiva caracteriza a los usuarios que no tienen un alto nivel de participación en las actividades del equipo, pero que ellos están comentando, anotando el contenido producido, etc.	RDF Type: um:TeamParticipation, owl:NamedIndividual
um:Rejected El usuario no acepta invitación para vincularse a grupo/ equipo	RDF Type: owl:Thing, um:MembershipStatus, owl:NamedIndividual
um:TimedOut El usuario no responde a la invitación para vincularse a un grupo/ equipo dentro de un tiempo razonable	RDF Type: owl:Thing, um:MembershipStatus, owl:NamedIndividual
um:TopicPriority La prioridad (relevancia) de temas de dominio para el usuario dado	RDF Type: owl:NamedIndividual, um:PriorityType
um:Weekly La preferencia del usuario para recibir recomendaciones u otra clase de asistencia ofrecida por el sistema semanalmente	RDF Type: owl:Thing, um:TimeFrame, owl:NamedIndividual

Tabla 1.5. Caracterización de elementos aportados por la Ontología UserModel.

1.2.4.2.3 SIOC

La información presentada a continuación ha sido extraída literalmente de su fuente [64].

CLASE	PROPIEDADES
<p>sioc:Community</p> <p>Es un concepto de alto nivel que define una comunidad online y en lo que ésta consiste</p>	<p>Una comunidad puede consistir de diferentes tipos de objetos (people, sites, etc.) unidos por un tema común, intereses u objetivos.</p>
<p>sioc:Container</p> <p>Un espacio en el cual se encuentran los elementos de contenido</p>	<p>En el rango de: sioc:has_container, sioc:has_parent, sioc:parent_of, sioc:subscriber_of, En el dominio de: sioc:container_of, sioc:has_parent sioc:has_subscriber, sioc:last_item_date sioc:num_items, sioc:parent_of</p> <p>Las relaciones entre un Container y los Items que le pertenecen son descritos usando las propiedades sioc:container_of y sioc:has_container. Una jerarquía de Containers puede definirse en término de padres e hijos, usando sioc:has_parent y sioc:parent_of.</p>
<p>sioc:Forum</p> <p>Espacio de discusión en el cual se hacen Posts o entradas.</p> <p>Un Forum tendrá un moderador quien puede vetar o editar posts antes o después que aparezcan en el Forum.</p>	<p>Subclase de: sioc:Container</p> <p>En el rango de: sioc:host_of sioc:moderator_of En el dominio de: sioc:has_host sioc:has_moderator sioc:num_threads.</p> <p>La jerarquía de los Forums puede ser definido en términos de padres e hijos, lo que permite la creación de estructuras conforme a categorías temáticas definidas por el administrador del Site.</p>
<p>sioc:Item</p> <p>Un Item es algo que puede estar en un Container. Item es un concepto de alto nivel para elementos en un Container.</p> <p>Este tiene subclases que además especifica diferentes tipos de Items. Una de estas subclases (que juega un importante rol en SIOC) es sioc:Post, que habitualmente describe artículos o mensajes creados dentro de los sitios de la comunidad online.</p>	<p>En el rango de: sioc:container_of, sioc:earlier_version sioc:has_reply, sioc:later_version sioc:latest_version, sioc:modifier_of sioc:next_by_date, sioc:next_version sioc:previous_by_date, sioc:previous_version, sioc:reply_of, sioc:sibling</p> <p>En el dominio de: sioc:about sioc:addressed_to, sioc:attachment sioc:content, sioc:earlier_version, sioc:embeds_knowledge, sioc:has_container, sioc:has_discussion, sioc:has_modifier, sioc:has_reply, sioc:ip_address, sioc:later_version, sioc:latest_version, sioc:next_by_date, sioc:next_version, sioc:previous_by_date, sioc:previous_version, sioc:reply_of, sioc:sibling</p>
<p>sioc:Post</p> <p>Un artículo o mensaje que puede ser posteoado por un UserAccount en un Forum.</p> <p>Una serie de Posts pueden ser enlazados si comparten un asunto común y son conectados respondiendo o actualizando sus relaciones. Los Posts tendrán contenido y pueden también tener archivos adjuntos, que pueden ser editados o eliminados por el moderador del Forum que contiene el Post.</p>	<p>Subclase de: sioc:Item, foaf:Document</p>
<p>sioc:Role</p> <p>Un role es una función de un UserAccount dentro del</p>	<p>En el rango de: sioc:has_function, sioc:scope_of En el dominio de: sioc:function_of, sioc:has_scope</p>

<p>alcance de un particular Forum, Site, etc. Los roles son usados para expresar funciones o privilegios de control de acceso que UserAccounts puede tener.</p>	
<p>sioc:Site Un Site puede ser la locación de una comunidad online o conjunto de comunidades, con UserAccounts y Usergroups crea Items en un conjunto de Containers. Esto puede ser a través de un data Space accesible por web. Un Site es la ubicación de una comunidad online o conjunto de comunidades, con UserAccounts en Usergroups creando contenido en ella.</p>	<p>Subclase de: sioc:Space En el rango de: sioc:administrator_of, sioc:has_host En el dominio de: sioc:has_administrator, sioc:host_of</p>
<p>sioc:Space Un Space es un lugar donde los datos residen, tales como un website, desktop, fileshare, etc. Un Space es definido como un lugar donde residen los datos. Este puede ser la ubicación para un conjunto de Containers de Items contenidos, tales como un Site, personal desktop, shared fileshare, etc.</p>	<p>En el rango de: sioc:has_space, sioc:usergroup_of En el dominio de: sioc:has_usergroup, sioc:space_of</p>
<p>sioc:Thread Thread es un contenedor para una serie de hilos de Posts o Items para discusión. Mailing lists, forums y blogs en community sites usualmente emplean los mismos métodos de hilos de discusión, siempre que las discusiones sean inicializadas por un cierto usuario y replicado por otros.</p>	<p>Subclase de: sioc:Container</p>
<p>sioc:UserAccount User Account corresponde a una cuenta de usuario en un online community site. User se declaró obsoleto en favor de UserAccount. UserAccount es una cuenta online de un miembro de una comunidad online. Esta es vinculada a Items y Posts que un UserAccount crea o edita, para Containers y Forums al que este se suscribe o modera y para Sites que éste administra. UserAccounts puede ser agrupado para propósitos de permitir el acceso a ciertos Forums o características mejoradas de community sites (weblogs, webmail, etc.). foaf:Person normalmente tendrá un UserAccount registrado en un Site (a través de la propiedad foaf:account), y usará su cuenta para crear contenido e interactuar con la comunidad. foaf:Person puede tener múltiples sioc:UserAccounts. sioc:UserAccount describe propiedades de una cuenta online y es usado en combinación con foaf:Person (usando la propiedad sioc:account_of) que describe información individual.</p>	<p>Subclase de: foaf:OnlineAccount En el rango de: sioc:follows, sioc:has_administrator, sioc:has_creator, sioc:has_member, sioc:has_moderator, sioc:has_modifier, sioc:has_owner, sioc:has_subscriber En el dominio de: sioc:account_of, sioc:administrator_of, sioc:avatar, sioc:creator_of, sioc:email, sioc:email_sha1, sioc:follows, sioc:member_of, sioc:moderator_of, sioc:modifier_of, sioc:owner_of, sioc:subscriber_of</p>
<p>sioc:Usergroup</p>	<p>En el rango de: sioc:has_usergroup, sioc:member_of</p>

Un conjunto de UserAccounts cuyos propietarios tienen un propósito común o interés. Puede ser usado para propósitos de control de acceso.	En el dominio de: sioc:has_member, sioc:usergroup_of
ELEMENTOS EXTERNO EMPLEADOS	
CLASES	
Class: foaf:Person Usada en SIOC para representar la información referente a una persona que tiene una cuenta en un Site (sioc:UserAccount). foaf:Person puede ser usado para describir información acerca de personas que no tienen un UserAccount en un Site, caso de autores o comentaristas visitantes.	
Class: skos:Concept Puede usarse para representar temas o tags definidos en un community site. La propiedad sioc:topic puede ser usada para vincular un Item o Post a un skos:Concept.	
PROPIEDADES	
Property: dcterms:subject Puede ser usada para keywords que describen el asunto de un Item o Post.	
Property: dcterms:title Especifica el título de un recurso. Usualmente empleado para describir el título de un Item o Post.	
Property: dcterms:created Detalles de fecha y hora cuando fue creado un recurso. Usualmente empleada como una propiedad de un Item o Post.	
Property: dcterms:hasPart Un recurso que es parte de su asunto. Usualmente empleado desde el dominio de un Post o Community.	
Property: dcterms:isPartOf Un recurso del que el asunto parte. Usualmente empleado con el rango de un Post o Community.	
Property: dcterms:modified Detalles de fecha y hora cuando un recurso fue modificado. Usualmente empleado como una propiedad de un Item o Post.	
Property: foaf:account Usado para vincular un foaf:Person a sioc:UserAccount.	
Property: content:encoded Usado para describir la codificación del contenido de un Post, contenido en las áreas CDATA.	

Tabla 1.6. Caracterización de elementos aportados por la Ontología SIOC.

1.3 Fase de interpretación por núcleos temáticos

A continuación, por parte de cada núcleo temático se cumple con la abstracción de elementos a considerar dentro de un Modelo de Estudiante; como existe cierto nivel de complejidad en la definición de tales elementos, se hace necesario cumplir con el proceso de mapeo de elementos, tal como fue definido en la segunda actividad de la metodología en el apartado 2.1.6.

1.3.1 Mapeo de Términos a Nivel de Aproximaciones

En este apartado se relacionan los términos que corresponden a los elementos de los Modelos de Estudiante que las diferentes aproximaciones toman en consideración. Dado que un mismo elemento podría ser definido de maneras distintas por las aproximaciones (con un mismo valor semántico), fue necesario recurrir al proceso de mapeo entre el término que originalmente emplea la aproximación y una denominación general (propuesta por el autor), a fin que sea legible transversalmente.

Vale la pena aclarar que los términos genéricos se definieron en idioma español, en tanto los términos origen en algunos casos conservan su nombre anglosajón, esto para no perder precisión en su ajuste idiomático al momento de traducirlo, pauta que será conservada en procesos subsecuentes de distintos apartados del estudio.

TÉRMINO GENÉRICO	TÉRMINOS ORIGEN	CARACTERÍSTICA
Ambiental	Ambiental (sonido, luz, temperatura, diseño, clima, día de la semana, hora) [29]	Condiciones del entorno del estudiante y hora de interacción con el sistema.
Antecedentes	Background (historial académico del estudiante) [32, 39-41, 52]. Historial (logros obtenidos (cualitativa/ cuantitativamente), unidades educativas usadas (materiales o actividades), tiempos requeridos, dificultades encontradas*, actividades realizadas, logs de interacciones) [29]. Knowledge background [41].	Conjunto de saberes previos (conocimiento) que el estudiante ha recopilado en su trayectoria académica (historial académico).
Competencias	Competencias [16-19]. Aptitudes [23, 32]. Habilidades, Destrezas [43]. User skills and capabilities [52]. Sociológica (Aprendizaje individual, aprendizaje en parejas, aprendizaje con compañeros, aprendizaje con un superior, contexto sociocultural) [29].	Conjunto de destrezas que demuestran la capacidad del estudiante para identificar, interpretar, argumentar o resolver problemas. En este término se incluyen las Aptitudes que corresponden a disposiciones individuales que hacen al estudiante propenso a solucionar idóneamente una actividad.
Comportamiento	Comportamiento (dependiente de la situación y el entorno) [47]. User behavior [33, 52]. Student's work evidence [22]. User behavior logs [31].	Acciones que realiza el estudiante como efecto de su interacción con el sistema y el entorno
Desempeño	Recoding-date-time (time begin, time end), complete percentage, total time accumulate, score [27-28]. Estado de Actividad en el Sistema. Estado	Información relacionada con el balance entre tiempo y desarrollo de actividades para

Proceso de caracterización de elementos 201

	de actividad de balance. Education & Training [57]. Comportamiento [47]. Desempeño [16, 18]. User performance and user cognitive workload [52]. Académico (logros obtenidos, competencias/ nivel) [29]. Student performance [32, 39]. Pre- and post-test answers, Lesson feedback (including experience ratings) [35].	el alcance de logros.
Dificultades de aprendizaje	Dificultades de aprendizaje [37-38]. Historial (dificultades encontradas*) [29]. Cognitive declines (Perception and processing, memory, problem solving, attention). End-user interaction needs with online forms [31]. Dificultades y deficiencias de aprendizaje [34].	Inconvenientes de los niveles cognitivo o procedimental que el estudiante presenta en el desarrollo de las actividades o en sus antecedentes.
Disposiciones afectivas	Gustos, orgullo, ansiedad, satisfacción [18]. Parámetros: motivación (confianza, esfuerzo, independencia, confusión, control, reto, fantasía, interés sensitivo, interés cognitivo, satisfacción), interés y proclividad [48]. Personalidad (Ambigüedad, tolerancia, ansiedad, campo dependientes/ independientes, aprendizaje activo/ pasivo, confianza, sentido del progreso y logros), Estado anímico actual (afectivos, interés, motivación, confort) [29]	Estado anímico característico o actual del estudiante.
Disposiciones de motivación	Intereses, confianza, esfuerzo [18]. Interés [20]. Emociones, intereses y motivaciones [36]. Intereses [35, 47] [51]. Emociones, deseos y sentimientos [43, 47]. User interests, user satisfaction [52]. Emocional (Motivación, persistencia, responsabilidad, estructura) [29]. Individual learning needs [33].	Interés y deseos del estudiante frente a las actividades y su proceso.
Disposiciones físicas	Dificultades y discapacidades físicas: destrezas motoras [37]. Salud, habilidades físicas [47]	Características físicas del estudiante que resultan básicas para su proceso.
Errores en la lección	Errores conceptuales y de procedimiento [16-19]. Student errors [45].	Fallos que el estudiante presenta a nivel de la actividad o en su proceso.
Estado de balance de actividad	ExerciseFinished, ExerciseStep [18]. Historial de navegación [24, 26].	Estado de avance del estudiante con respecto a la actividad actual.
Estado de actividad de navegación	PagePresented, Duration, DictSearched, UserBookPlanned, UserBookRemoved [18]	Estado de elementos y tiempo en el recorrido por los elementos propios de la lección o proceso.
Estado de actividad en el sistema	UserLoggedIn, UserLoggedOut, UserCreated, UserRemoved [18]. End-user interaction with online forms [31].	Estado del usuario frente al sistema.
Estilos y preferencias de aprendizaje	Impulsivo, reflexivo, global y analítico [35]. Preferencia de experiencias perceptuales [35]. Estilos de aprendizaje [37]. Estilos de Aprendizaje (Extroversión/ Introversión, Sensitivo/ Inductivo, Pensador/ Sensorial, Juzgador/ Perceptivo, Activo/ reflexivo, Inductivo/ Deductivo, Visual/ Verbal, Secuencial/ Global, Activo/ Reflexivo, Divergente/ Convergente, Asimilador/ Acomodador, Visual/	Los Estilo de Aprendizaje refieren a los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que apoyan el proceso de aprendizaje, mientras que las Preferencias definen las maneras adecuadas para aplicar tales estilos.

	Auditivo, Lector- Escritor/ Kinestético, Teórico/ Pragmático) [29]. Capability/ preference profile [24, 26]. Learning style [33, 39, 41, 45]. Preferencias en estilos de aprendizaje [44].	
Experiencia con el sistema	Experiencia con el sistema [57]. Navigational choices [35].	Nivel de familiaridad que el estudiante posee con respecto al sistema, denotado por su uso previo y aplicación a actividades de cierto nivel de similitud.
Habilidades sociales	Habilidades sociales [47].	Conjunto de conductas propias que son aplicadas cuando se presenta la interacción con otras personas- roles.
Historial	Learner's history [33]. Usage data (user history and user experience) [52]. Student's logs [39].	Conjunto de actividades que el estudiante ha desarrollado en el sistema.
Metacognición	Metacognición [16, 18]. Habilidades cognitivas [47]. Psicológica (cerebro izquierdo/ derecho, 4 cuadrantes, Inteligencias múltiples, PNL) [29]	Conjunto de capacidades individuales para auto-regular el proceso de aprendizaje.
Nivel de conocimiento	Dominio disciplinar [18]. Conocimiento [20, 39]. Knowledge of the domain [52]. User knowledge [22, 32, 49, 51]. Student's level of knowledge [23, 45]. Cognitive decline [31]. Student needs [32, 34].	Antecedentes del estudiante frente al área de la actual actividades o proceso.
Objetivos	Expectativas pedagógicas [43]. Prioridades de conocimientos [44]. User goals, Intention of use [41, 52]. Objetivos, metas y planes [47]. Intenciones, programación, necesidades actuales [47].	Expectativas expresadas explícitamente por el estudiante frente al proceso, lección o actividad.
Personal	Nombre, teléfono, dirección, referencia, e-mail, dirección postal [27-28]. Profile [57]. Edad, fecha de alta, semestre, clase [34]. Información Independiente del dominio [26]. Información demográfica, demographic data [35], Learner's characteristics [35]. Email, edad, género, educación, profesión [47]. Datos personales (Nombre, fecha de nacimiento, sexo, raza, lengua madre, localización geográfica, visión, audición, lateralidad, fotografía) [29, 51]. User characteristics [31]. Information about the learners(his/her id and password, address, telephone number, fax number) [33].	Información característica de una persona, generalmente extendida de la información demográfica.
Portafolio	Degree, transcription, qualifications, certificates, licenses [27-28]. Course (area of knowledge) [39].	Conjunto de certificaciones y grados alcanzados por el estudiante en su proceso formativo.
Preferencia	Lenguaje, región, nivel de edad, preferencia de dispositivos input/output, preferencia de contenidos, preferencia de tiempo para estudiar [27-28]. Características de uso: tipo de letra, color, tamaño, fondos, estilo de presentación [34]. Learner's context (physical and device) [47]. Preferencia personal y social, participación de actividades grupales [50]. User preferences [31,	Conjunto de preferencias del estudiante con respecto al sistema o al entorno.

	39, 51]. Learning preferences [33]. Learner's preferences [35, 41]. Necesidades y preferencias [38].	
Relaciones	Roles [27-28]. Groups of users [52]. Learner interactions [49]. Social connections [51].	Interacciones que el estudiante ha tenido con otros, relacionando los roles que ha desempeñado.
Seguridad	Trust and privacy issues [52].	Parámetros del sistema referentes a conservar el nivel de privacidad y certificación de la identidad del estudiante.
Situación general	Estado general del sistema: dispositivos, redes, recursos hardware y software, capacidades de dispositivo, ancho de banda, velocidad de procesamiento, capacidad de almacenamiento, resolución calidad de sonido, intensidad de sonido, batería, capacidad de red, conectividad, sistema operacional [47]. Environment: location, locale, software, hardware [52]. Contextuales (dispositivos de acceso del cliente, tipo de acceso a la red, estado de la red, estado de carga del servidor, terminal (resolución, tamaño, etc.), sistema operativo, dirección IP) [29]	Estado general del sistema para corresponder a las actividades y necesidades del estudiante.
Tiempo estimado de estudio	Tiempo estimado de estudio [34]. Time spent by the learner on a learning object [33].	Tiempo estimado para suplir la actividad, lección o proceso por parte del estudiante.
Usabilidad	Usability, perceived usefulness [52].	Atributo de calidad que determina la facilidad percibida por el estudiante para usar el material, las actividades y los enlaces en el sistema.

Tabla 1.7. Mapeo de términos a nivel de Aproximaciones.

1.3.2 Mapeo de Términos a Nivel de Estándares

Dada la diversidad de categorías y elementos que son considerados en los estándares, se hace necesario generar el siguiente proceso de mapeo. Este proceso se cumple a nivel de categorías, teniendo en cuenta que éstas son dotadas plenamente de valor semántico con la abstracción de los elementos contenidos.

Denominación Genérica	IMS LIP	PAPI	European DS	European CV	UK Learner Profile	ePortfolio	LIM- CELTS	CARACTERÍSTICA
Características psicopedagógicas Preferencias frente al sistema	Accessibility	Preferences	Information on the Level of the Qualification	Personal skills and competences		Student (Personal information-management)	Preference information	Información del estudiante que incluye preferencias respecto al entorno, características psicopedagógicas y físicas.
Historial de actividades	Activity	Performance, Portfolio	Information Identifying the Qualification, Information Identifying the Qualification, Information on the Contents and Results gained, Information on the Function of the Qualification	Work Experience, Education and Training	Record of Learning and Achievement, Other types of Learning within a programme, Award	Student (Personal information-Activity History), Outcome	Performance information, Portfolio information	Información referente a las actividades formativas en que se ha involucrado el estudiante.
Roles	Affiliation	Relations	Information Identifying the Qualification	Work Experience	Student, Qualification			Membresía del estudiante en diferentes espacios (académicos o sociales).
Capacidades y destrezas	Competency	Portfolio		Personal skills and competences	Other types of Learning within a programme	Student (Curricula: Write self-report, Lecture		Capacidades del estudiante en dominios afectivo, cognitivo o

Proceso de caracterización de elementos 205

						evaluation), Reflection		psicomotor.
Objetivos	Goal	Performance				Goal, Reflection		Metas y perspectivas del estudiante, ya sea a nivel personal o académico.
Información personal	Identification	Personal	Information Identifying the Holder of the Qualification	Personal Information, Personal skills and competences	Student, Award, Authentication	Identification, Student	Personal information	Información personal del estudiante/ organización, generalmente relacionada con el carácter biográfico y demográfico.
Intereses	Interest	Portfolio				Interest		Interés del estudiante.
Titulaciones	Qualification, Certificate, License (qcl)	Performance	Information Identifying the Qualification, Information on the Level of the Qualification, Information on the Contents and Results gained, Certification of the Supplement	Education and Training , Personal skills and competences	Student, Qualification, Other types of Learning within a programme, Award, Authentication	Student (Curricula: Self-evaluation), Education & Training, Affiliation, Qcl	Academic information, Performance information	Registros de elementos evidentes relacionados con los logros alcanzados por el estudiante.
Relaciones	Relationship	Relations		Personal skills and competences, Work Experience		Experience	Relationship information	Relaciones que tiene el estudiante con compañeros, grupos u organizaciones.

Seguridad	Security key	Security					Security information	Información relacionada a la validación de la identidad del estudiante.
Acreditaciones	Transcript	Performance	Information on the Contents and Results gained, Additional Information, Information on the national Higher Education System	Education and Training	Explanatory information	Student (Curricula: Summary report, Summary presentation, Counsel: Application), Education & Training, Qcl	Academic information, Portfolio information	Reportes formales del cumplimiento de programas a nivel institucional.
Instructor						Instructor		Información relacionada con el instructor que proveyó guía al estudiante.
Realimentación						Feedback		Realimentación del proceso cumplido por el estudiante.
Gestión del sistema							Management information	Información de gestión del sistema.

Tabla 1.8. Mapeo de términos a nivel de Estándares.

1.3.3 Mapeo de Términos a Nivel de Ontologías

A pesar que la cantidad de ontologías no es amplia, se cumplió con el proceso de mapeo, evidenciando los resultados de la siguiente tabla.

FOAF	UserModel	SIOC	CARACTERÍSTICA
Agent (Organization, Group, Person), OnlineAccount (Online E-commerce Account, Online Gaming Account, Online Chat Account)	Team TeamMembership User	Community, foaf:Person	Información básica de cada persona/ grupo, relacionada a la demográfica
	User (propiedad: haslearningStyle)		Estilos de aprendizaje
Document (Image, PersonalProfileDocument)			Soportes a nivel de archivos propios del usuario
Project			Proyectos del usuario
LabelProperty		skos:Concept	Etiquetas
Agent (Document (propiedad:interest))	MonitoredEventPref MonitoringPreferences		Intereses temáticos del estudiante
	UserPreferences (CompPreference) FollowedEntity (propiedad: followedCompetence) TargetCompetence		Competencias (preferidas) con que cuenta el estudiante
	UserPreferences (EmailPreferences) TimeFrame TopicPreference User (propiedad: hasPreferences)		Preferencias del usuario con respecto al sistema
	UserPreferences		Preferencias del usuario con respecto a los elementos de contenido en su proceso
	UserProgress PriorityType (instancia: LearningHistoryPriority)		Progreso registrado por el estudiante en su proceso de aprendizaje
Person (propiedad:knows)	FollowedEntity (propiedades: followedEntity, followedRole, followedUser) MembershipStatus SocialEvent SocialPosition SocialStream TeamInvitation TeamParticipation		Información básica para el trabajo grupal
	GoalPriority LearningGoal		Objetivos de aprendizaje del

	LearningGoalLabel PriorityType UserDefinedPriority		estudiante
	Recognition		Reconocimientos concedidos al estudiante por sus logros, colaboración o actividades destacadas
	RecommendationPreferences		Recomendaciones que el usuario ha aceptado de parte del sistema
	UserAccount	Role, UserAccount, UserGroup	Información de validación de seguridad del usuario
		Forum, Post	Actividades: espacios de discusión
		Container, Item, Site, Space, Thread	Elementos estructurales

Tabla 1.9. Mapeo de elementos a nivel de Ontologías.

1.4 Fase de construcción teórica global

1.4.1 Relación de Elementos entre los Objetos de Estudio

En el estudio se ha podido evidenciar que para los modelos de estudiante en los sistemas aprendizaje de tipo adaptativo: (1) la literatura científica aporta definiciones de elementos bajo el criterio de sus autores desde la perspectiva teórica, (2) las aproximaciones aportan elementos que se han definido ya sea en sistemas reales o modelos implementados, (3) los estándares formalizan elementos promovidos para el producción de este tipo de sistemas y (4) las ontologías proveen definiciones de elementos realizadas por comunidades expertas. No obstante proveyeron al análisis una alta complejidad los siguientes hechos: (1) los aportes teóricos no especifican categorías para los elementos, (2) las aproximaciones emplean elementos "a la medida", de forma que podría considerarse segmentado el uso del modelo de estudiante y dispersa la definición de tales elementos, (3) los estándares son muy específicos, lo que conduce a "sesgar" el uso de elementos del modelo de estudiante, (4) las ontologías se complementan y cubren un número reducido de elementos, pero su enfoque

puede ser aplicado a los sistemas de aprendizaje, a pesar de tener una mayor orientación a sistemas de información de cualquier tipo.

Por lo anterior, los siguientes procedimientos se cumplieron: (1) generación de categorías a partir de los términos de los elementos derivados de los aportes teóricos (observable en la Tabla 1.1), (2) identificación de los elementos derivados de las aproximaciones, (3) identificación de categorías y elementos derivados de estándares, (4) identificación de clases, propiedades y relaciones derivadas de las ontologías, (5) procesos de mapeo de elementos a nivel de aproximaciones (observable en la Tabla 1.7), estándares (observable en la Tabla 1.8) y ontologías (observable en la Tabla 1.9).

De esta forma, se hace posible unificar la relación de los elementos estudiados, tal como se aprecia en la Tabla 1.10.

CATEGORÍAS ABSTRAÍDAS A PARTIR DE:				
TEORÍA		APROXIMACIONES	ESTÁNDARES	ONTOLOGÍAS
CATEGORÍA	SUB-CATEGORÍA/ELEMENTOS			
Información personal	Geográfica	Personal	Información personal	Foaf:Agent, um:Team, un:User, sioc:Community
	Demográfica			N/A
	Psicográfica			N/A
	Valoración del usuario	N/A	N/A	N/A
Nivel de conocimiento	Estimado con respecto al dominio de conocimientos	Nivel de conocimiento	N/A	N/A
	Términos desconocidos respecto al dominio de conocimiento	N/A	N/A	N/A
	Preferencias del dominio de conocimiento	N/A	N/A	Foaf:Agent, um:MonitoredEventPref, um:MonitoringPreferences, um:UserPreferences
	Historial de conocimiento	Antecedentes	N/A	N/A
	Nivel de progreso	N/A	N/A	um:UserProgress, um:PriorityType
	Necesidades	Objetivos	N/A	N/A

Sistema	Historial de interacciones	Historial	Historial de actividades	Foaf:Project
	Ruta seguida	N/A	N/A	N/A
	Preferencias	Preferencia	Preferencias frente al sistema	um:UserPreferences, um:TimeFrame, um:TopicPreference, um:User, um:RecommendationPreferences
	Capacidad, nivel de experticia y destreza de uso	Experiencia con el sistema	N/A	N/A
		Comportamiento	N/A	N/A
		Desempeño	N/A	N/A
		Historial de dificultades presentadas	N/A	N/A
		Errores en la lección	N/A	N/A
		Estado de balance de actividad	N/A	N/A
		Estado de actividad en la navegación	N/A	N/A
		Estado de actividad en el sistema	N/A	N/A
		Portafolio	Titulaciones Acreditaciones	um:Recognition
		Seguridad	Seguridad	foaf:onlineAccount, um:UserAccount, sioc:Role, sioc:UserGroup
		Tiempo estimado de estudio	N/A	N/A
		Usabilidad	N/A	N/A
		N/A	Instructor	N/A
		N/A	Realimentación	N/A
		N/A	Gestión del sistema	N/A
		N/A	N/A	foaf:Document (Adjuntos del proceso del estudiante)
		N/A	N/A	foaf:LabelProperty, scos:Concept (sioc). (Etiquetas)
	N/A	N/A	sioc:Forum, sioc:Post. (Actividades)	
	N/A	N/A	sioc:Container, sioc:Item, sioc:Site sioc:Space, sioc:Thread. (Elementos estructurales)	
Objetivos y	Intereses	Disposiciones de	Intereses	N/A

Perspectivas		Motivación (Intereses)		
	Intenciones	N/A	Objetivos	N/A
	Objetivos	Objetivos		um:GoalPriority, um:LearningGoal, um:LearningGoalLabel, um:PriorityType, um:UserDefinedPriority
Características Psicopedagógicas y físicas	Estilos de aprendizaje de preferencia	Estilos y preferencias de aprendizaje	Características Psicopedagógicas	Um:User
	Experiencia del usuario	N/A	N/A	N/A
	Hábitos	N/A	N/A	N/A
	Tipo de material de agrado	N/A	N/A	N/A
		Competencias	Capacidades y destrezas	um:UserPreferences, um:FollowedEntity, um:TargerCompetence
		Dificultades de aprendizaje		N/A
		Disposiciones afectivas		N/A
		Disposiciones de Motivación		N/A
		Disposiciones físicas		N/A
	Metacognición	N/A		
Entorno del estudiante	Características del sistema informático	Situación general	N/A	N/A
		Ambiental	N/A	N/A
Trabajo grupal	Interacciones sociales	Habilidades sociales	N/A	N/A
		Relaciones	Relaciones	foaf:Person, um:FollowedEntity, um:SocialEvent, um:SocialStream, um:TeamInvitation, um:TeamParticipation
		N/A	Roles	um:TeamMembership, um:MembershipStatus, Um:SocialPosition

Tabla 1.10. Mapeo general de elementos.

La información contenida en la Tabla 1.10, resultante del mapeo de elementos respecto a los distintos objetos de estudio (conceptos teóricos, aproximaciones, estándares y ontologías), permite evidenciar lo siguiente:

- La información personal del estudiante es considerada en cada uno de los objetos de estudio, la diferencia radica en los niveles de descripción que se pueden alcanzar por la variación en la cantidad de elementos incluidos en cada objeto de estudio. Se destaca que desde la perspectiva teórica se define la vinculación de la "valoración del usuario", lo que podría a nivel de los otros objetos de estudio ser abstraído como un agregado de estados de distintos elementos.
- Existe claridad en cuanto a que los Modelos de Estudiante requieren precisar el Nivel de Conocimiento, no obstante es notorio que los estándares no cuentan con elementos para tal fin. Son diversos los elementos que la teoría define para integrar esta categoría, al respecto, las otras fuentes de información de manera somera tratan el Nivel de Conocimiento.
- De las categorías definidas a partir de la teoría, la que resulta teniendo más sub-categorías/ elementos es la de Sistema, para la que se observa que ni los estándares ni las ontologías tienen elementos que se correspondan con muchos de los considerados por las aproximaciones, y de manera adicional, hay algunos elementos considerados por estándares y ontologías que no fueron observados a nivel de la teoría y aproximaciones.
- La categoría de objetivos y perspectivas resulta siendo la que mayor correspondencia de elementos tiene por parte de los objetos de estudio, restando tan solo a las ontologías elementos para representar la información de intereses e intenciones.
- Inicialmente los aportes teóricos resaltaban la existencia de una categoría de Características Psicopedagógicas, pero teniendo en cuenta el aporte de las aproximaciones, resulta valioso redefinirla como "Características Psicopedagógicas y Físicas", de forma que permita registrar la información referente a la presencia (o ausencia) de elementos clave de los perfiles psicológico- cognitivo, pedagógico- metodológico y físico- motor. Es notorio que esta categoría no cuenta con una adecuada cobertura por parte de las definiciones ontológicas.
- La categoría de Entorno del Estudiante (contexto del estudiante) no es cubierta ni por estándares ni por ontologías.
- La categoría de Trabajo Grupal es considerada en todos los objetos de estudio, no obstante el elemento de habilidades sociales no es cubierto ni por estándares ni por ontologías.

Si se integran las categorías y elementos obtenidos en el presente estudio, se cuenta entonces con un modelo de estudiante con la estructura y componentes

que son resumidos en la figura 1.3, empleando las convenciones descritas en su parte inferior.

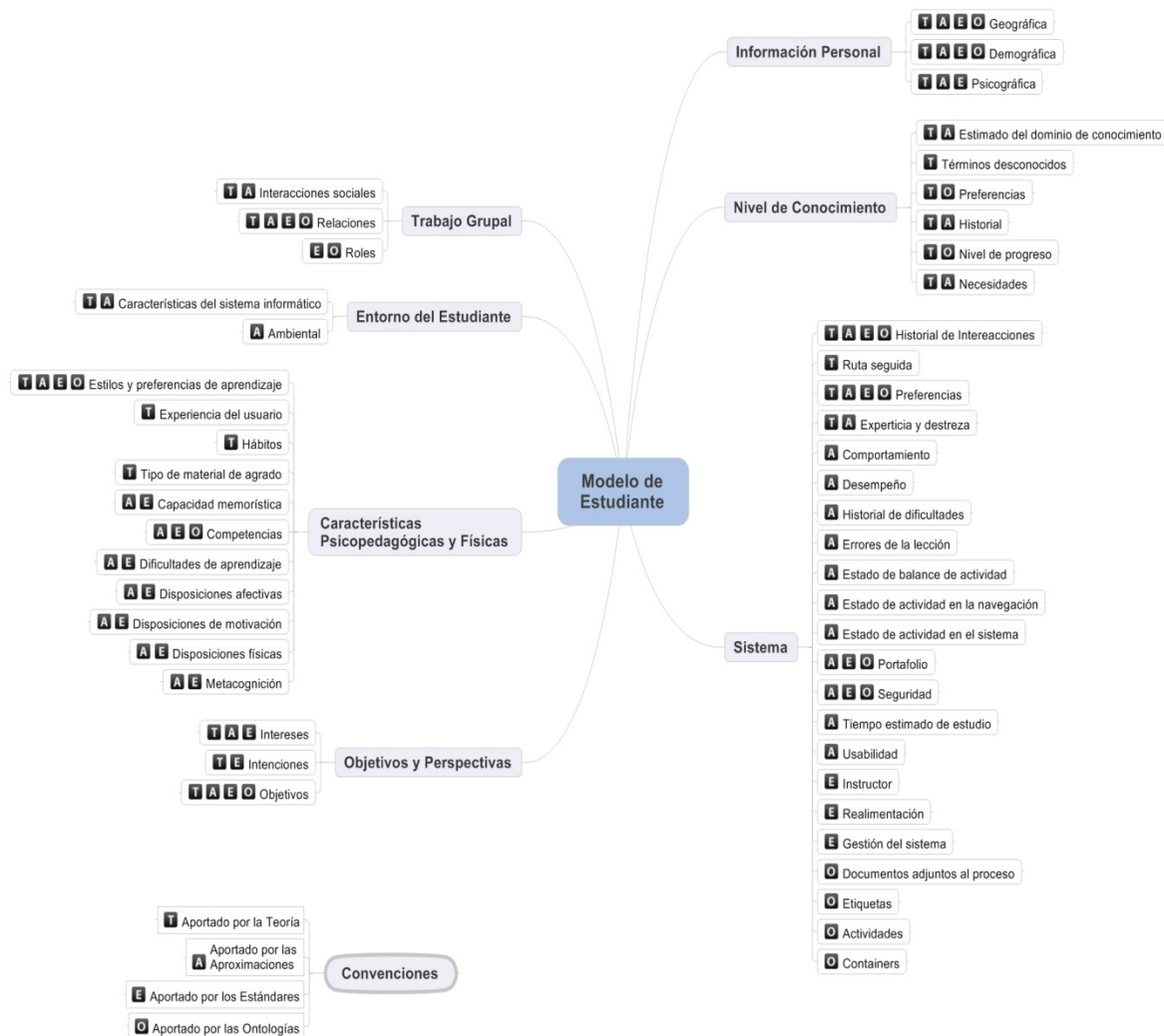


Figura 1.3. Resumen de Elementos del Modelo de Estudiante a partir de los Objetos de Estudio.

1.4.2 Observaciones en el Estudio

El estudio permite reconocer las siguientes características:

- Marca un alto nivel de dificultad la obtención de documentación técnica referente a las aproximaciones, pues como son desarrolladas en su mayoría a la medida, sus evidencias resultan en muchos casos

- restringidas o socializadas con documentos de reducidas especificaciones en cuanto a la conformación del Modelo de Estudiante.
- Existe un amplio número de aproximaciones en el área de estudio (muchas de ellas con una vigencia cercana a 30 años), que resultan relevantes, por cuanto han permitido a sus autores dar continuidad a su avance en el área de estudio.
 - Se hace evidente que los enfoques de los distintos estándares resultan siendo diferentes, esto se observa expresamente en el contexto que enmarca cada iniciativa y la granularidad con que se abarca cada categoría.
 - La siguiente tabla pretende destacar las observaciones de cada estándar:

ESPECIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
IMS LIP	<p>La categoría Accesibility obtiene los rasgos cognitivos del estudiante con un nivel adecuado de elementos.</p> <p>La categoría Goal amerita mayor granularidad, ya que sus elementos son muy generales.</p> <p>Son perceptibles ciertas asociaciones entre categorías, caso tal de Accesibility, Goal e Interest pretendiendo captar características cognitivas inherentes al estudiante, por otro lado Activity, Affiliation y Relationship que describen las características del estudiante en su entorno (comunidad o grupo) y finalmente QCL y Transcript refiriéndose a la información administrativa de los logros del estudiante.</p>
PAPI	<p>La categoría Preferences está relacionada directamente con las preferencias del usuario hacia el sistema, no con las de nivel personal o cognitivo.</p> <p>Performance tiene mayor connotación administrativa, guiada hacia el registro de eventos.</p> <p>A pesar que se citan las competencias, no son más que un elemento del Performance con reducido nivel de granularidad.</p> <p>La categoría Portfolio tiene un perfil de relación de documentos anexos a la actividad del estudiante.</p> <p>Quedan desatendidos elementos importantes como los objetivos del estudiante y su proceso.</p> <p>En términos generales, ésta especificación tiene una alta connotación administrativa, lo que deja un amplio espacio desatendido a las características propias de la instrucción, procesos cognitivos y conocimiento del estudiante.</p>
European DS	Guiado a captar información que respalda la validez administrativa de los procesos formativos cumplidos por el estudiante.
European CV	Encaminado a perfilar al usuario con información que le interesaría al campo laboral.
UK Learner Profile	Similar a European DS, pero con mayor detalle en sus elementos.
ePortfolio	<p>Es clara su categorización de elementos para describir el perfil y la información que respalda administrativamente el proceso del estudiante.</p> <p>Tiene poca granularidad al interior de cada categoría.</p> <p>Es importante y diferenciadora la inclusión de las categorías de Feedback y Reflection, que soportan la asesoría provista y la auto inspección del proceso cumplido, respectivamente.</p>
LIM- CELTS	Se podría considerar que sus categorías están bien definidas en cuanto a

	lo que pretenden, pero desafortunadamente a su interior no lo respalda el poco nivel de granularidad, con reducidos y generales elementos integrados.
--	---

Tabla 1.11. Observaciones sobre los elementos aportados por las aproximaciones.

- Las categorías más atendidas por los estándares corresponden a Identification (información personal de cada estudiante que vincula sus datos individuales) y Qualification, Certificate, License (información de la ruta de certificación de cumplimiento de cursos y niveles académicos que respaldan al estudiante), mientras que la menos tratada corresponde tanto al Feedback (información que el estudiante recibe tanto del sistema como del tutor en correspondencia del balance de las actividades cumplidas) como a Management information (información administrativa de la vinculación del usuario al sistema).
- La documentación técnica y científica de uso de los estándares registrados, muestra que las definiciones que provee IMS LIP resultan siendo las más atendidas, lo cual podría corresponder al trabajo de mantenimiento e integración con diversos paquetes para soluciones eLearning que su organización desarrolladora atiende.
- El estándar IMS LIP se asiste de definiciones externas como es el caso de IMS RDCEO [65], para la representación de competencias, lo que posibilita extender la caracterización del estudiante.
- Los estándares relacionados a CELTS son los menos empleados en el contexto mundial, lo que podría obedecer a factores geopolíticos que en cierta forma ralentizan su difusión y aplicación.
- La definición ontológica FOAF en términos generales describe las características de un usuario web que accede a recursos- servicios como documentos, chat, e-commerce y demás, dentro de una comunidad específica. En tal sentido dista de brindar elementos destacables para la caracterización pretendida de un estudiante. No obstante, FOAF es base para definir las otras ontologías.
- La ontología User Model cuenta con clases interesantes para el modelo de estudiante. Por ejemplo, da tratamiento a las competencias del usuario con um:CompPreference, um:TargetPreference, um:UserPreferences; de otro lado, esta ontología hace una buena representación de objetivos y prioridades con las clases um:Learninggoal, um:GoalPriority, um:LearningGoalLabel, um:TopicPreference, um:UserProgress y um:MonitoringPreferences, lo que se podría adaptar hacia la organización y seguimiento de actividades del estudiante; a nivel de logros del estudiante, la clase um:Recognition puede ser empleada; la caracterización de la vinculación a un grupo de trabajo/ organización se cumple por medio de las clases um:Team, um:TeamMembership, um:TeamParticipation; finalmente la identificación del usuario es extendida desde foaf:Person. User Model hace explícitas instancias con

las que es posible generar concreciones de estados, aplicables a ciertas propiedades.

- La definición ontológica SIOC ha sido incluida en el presente estudio, pero su caracterización permite establecer su reducida aplicación con el modelo de estudiante, de hecho, expresamente por medio de su clase `sioc:UserAccount` se hace notar que para caracterizar con mejor definición a un individuo, se vale de la clase `foaf:Person`; sin embargo podría esta ontología a posteriori reflejar aportes en cuanto al modelado de características propias de actividades que se cumplen dentro del proceso instruccional del estudiante (generalmente a nivel de comunidades o grupos).

1.4.3 Conclusiones

El área de estudio está claramente definida en los sistemas adaptativos de aprendizaje, pero al cumplir con el proceso de identificación de aproximaciones, resulta innegable el amplio vínculo con sistemas recomendadores, servicios web educativos, sistemas de entrenamiento, sistemas personalizados, entre otros, que potencialmente aportan en la identificación de los elementos del Modelo de Estudiante.

Es destacable la diferencia con que las aproximaciones caracterizan los elementos del estudiante, la cual radica en el nivel de granularidad (detalle), de forma que lo que para una aproximación resulta siendo una categoría, para otras tal vez son elementos individuales. Amplias diferencias en los niveles de granularidad proveen una alta complejidad al análisis y dificultad al momento de caracterizar al estudiante.

De manera general, las aproximaciones han sido desarrolladas como soluciones a la medida, de modo que el no uso de estándares reduce la posibilidad de integración a nuevos entornos. Como consecuencia directa de la ausencia de estándares o definiciones formales en las aproximaciones, se tiene el alto nivel de acoplamiento de los modelos de estudiante a sus respectivos sistemas, lo que deriva problemas subsecuentes como la imposibilidad de hacerles interoperables, generando carga extra al personal desarrollador al intentar migrar o integrar la información. Este hecho da el sustento a la conclusión referente al elevado costo del desarrollo sistemas adaptativos de aprendizaje.

Para las aproximaciones, estándares y ontologías, el elemento de mayor caracterización corresponde sin duda a la información personal del participante, el

cual es recurso esencial para pretender que el sistema sea adaptable¹⁴ antes que adaptativo; mientras más se pretenda el carácter adaptativo en el sistema, toman mayor relevancia características como las preferencias (entorno, sistema, instruccionales), emociones, destrezas, competencias, entre otras, lo que directamente hace más complejo al modelo de estudiante.

El uso del nivel de conocimiento del estudiante como elemento de adaptación resulta clave y natural para pretender una adecuada personalización, sin embargo su inclusión en el modelo de estudiante incrementa los niveles de acoplamiento, debido a que de forma general este elemento es implementado como una valoración directamente dependiente del dominio de conocimiento del propio sistema.

1.4.4 Discusión

Es necesario que las organizaciones de estandarización retomen los grupos de estudio fundamentados en el modelado del estudiante, debido a que es evidente que las definiciones de sus especificaciones cuentan en ciertos casos con más de diez años desde su expedición, a fin de integrar los diversos aportes y avances de las aproximaciones en un nivel formal.

La producción de ontologías es un trabajo arduo, no solo por la precisión de los conceptos y relaciones que se requiere establecer, sino por el recorrido de diseño, uso, aplicación y aprobación que deben cumplir. Esta es tentativamente una de las razones por las cuales las especificaciones ontológicas para el campo de modelos de estudiante son reducidas, a pesar de la amplia gama de sistemas/ aplicaciones que requieren de un lenguaje común para caracterizar a sus participantes. El estudio ha develado una relación interesante entre las definiciones ontológicas FOAF, User Model y SIOC, se complementan para el tratamiento de información de sistemas web particularmente. De esta manera se considera abierto el espacio para que nuevas representaciones ontológicas sean promovidas a fin que puedan modelar con mayor completitud al estudiante, lo que sería un recurso valioso para los sistemas adaptativos de aprendizaje.

Desde una perspectiva crítica, los resultados apreciados en la Tabla 1.10 pueden dividirse en dos segmentos, de un lado la definición "informal" de los elementos (y

¹⁴ En el área de estudio, un sistema adaptable es aquel al que se le pueden ajustar los parámetros según el perfil del estudiante; mientras que el sistema adaptativo implica el cambio de su comportamiento dependiendo del comportamiento del usuario, por medio de un "ajuste" automático en tiempo de ejecución.

categorías) que deben considerarse en un modelo de estudiante, aportados desde la experiencia de diversos autores y de aproximaciones particulares; y por el otro lado la definición "formal" desde la perspectiva de los estándares y ontologías. Es claro que no hay una correspondencia recíproca entre elementos, de hecho el terreno formal cuenta con menos elementos de los integrados por el informal. Esta situación abre una brecha en el área, la cual el autor considera que puede reducirse por medio del desarrollo de un marco de referencia para guiar el desarrollo de los modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje, con el que sea posible: (1) Identificar los elementos esenciales para el modelo de estudiante y dotarlos de un significado homogéneo que reduzca la ambigüedad o redefinición entre diversas implementaciones, (2) Identificar y contextualizar el proceso de modelado, ya que en éste se constituye y mantiene el modelo de estudiante, (3) reducir los niveles de acoplamiento existentes entre los modelos de estudiante y los sistemas que los contienen.

1.5 Fase de extensión y publicación

Esta fase del estudio se cumplió por medio de las actividades:

- Socialización del proceso en los espacios de Seminarios de Investigación a los cuáles el proyecto se ha suscrito.
- Generación de documento de reporte de avance de investigación

Referencias

- [1] C. Serrano. (2005, 30 de Mayo 2012). *Modelo Integral para el Profesional en Ingeniería (2 ed.)*. Available: <http://www.unicauca.edu.co/~cserrano>
- [2] I. O. f. S. ISO. (2007, 5 de Septiembre 2011). *Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems. ISO/IEC 42010 :: IEEE Std 1471 (Version 5.4 ed.)*. Available: <http://www.iso-architecture.org/ieee-1471/faq.html#wh42010>
- [3] C. Reynoso, "Introducción a la Arquitectura de Software," *Universidad de Buenos Aires*, Marzo 2004.
- [4] T. R. Gruber, "A translation approach to portable ontology specifications," *Knowledge Acquisition*, vol. 5, pp. 199-220, 1993.
- [5] M. Specht and R. Oppermann, "ACE-Adaptive Courseware Environment," in *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems*. vol. 1892, P. Brusilovsky, et al., Eds., ed: Springer Berlin / Heidelberg, 2000, pp. 380-383.
- [6] A. Kobsa, et al., "Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships," *The Knowledge Engineering Review*, vol. 16, pp. 111-155, 2001.

- [7] M. Moreno, "Modelado del Estudiante para un Ambiente de Aprendizaje de Lecto/Escritura," Maestría, Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México, 2002.
- [8] A. Paramythis and S. Loidl-Reisinger, "Adaptive Learning Environments and e-Learning Standards," *Electronic Journal on e-Learning*, vol. 2, p. 14, 2004.
- [9] P. Brusilovsky and M. T. Maybury, "From adaptive hypermedia to the adaptive web," *Commun. ACM*, vol. 45, pp. 30-33, 2002.
- [10] P. Brusilovsky, "Adaptive Hypermedia," *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 11, pp. 87-110, 2001/03// 2001.
- [11] P. Brusilovsky, "Developing Adaptive educational Hypermedia Systems: From Design Models to Authoring Tools," *T. Murray. S. Blessing, & S. Ainsworth (Eds.). Authoring tools for advanced technology learning environment.*, p. 33, 2003.
- [12] A. Kobsa. (1993, User Modeling: Recent Work, Prospects and Hazards. *WG Knowledge-Based Information Systems*, 14. Available: <http://zeus.gmd.de/~kobsa/papers/1993-ai-kobsa.pdf>
- [13] C. Conati and A. Bunt, " Student Modeling for Open Learning Adaptive Hypermedia," *Proceedings of the IASTED International Conference. Web Based Education*, 2004.
- [14] S. M. Baldiris Navarro, " Supporting competence development processes on open learning systems through personalization," Doctoral Thesis, Universitat de Girona. Departament d'Arquitectura i Tecnologia de Computadors, Universitat de Girona, Barcelona, España, 2012.
- [15] S. E. Gómez Ardila, "Learning design implementation in context-aware and adaptive mobile learning," Doctoral, Universitat de Girona. Departament d'Arquitectura i Tecnologia de Computadors, Universitat de Girona, 2013.
- [16] R. Morales, "Modelado del estudiante para ambientes virtuales de aprendizaje en Web," *Apertura*, vol. 7, p. 15, 2007.
- [17] R. Morales, *et al.*, "Towards a Learner Modelling Engine for the Semantic Web," in *Workshop on Applications of Semantic Web Technologies for E-learning (SW-EL'06) at AH2006*, Dublin, Ireland, 2006.
- [18] E. Andrès, *et al.*, "Deliverable N°: D10 Student Model Specification," The LEACTIVEMATH Consortium June 2005 2005.
- [19] R. Morales, *et al.*, "Open Learner Modelling as the Keystone of the Next Generation of Adaptive Learning Environments," in *Intelligent User Interfaces: Adaptation and Personalization Systems and Technologies*, ed New York: IGI Global, 2009, p. 27.
- [20] P. Brusilovsky, "KnowledgeTree: a distributed architecture for adaptive e-learning," New York, NY, USA, 2004.
- [21] E. Guzman, *et al.*, "ARTEMISA: New techniques for Learner Modelling and Learner Adaptive and Intelligent Instruction," presented at the Jornada de Seguimiento de Proyectos, 2010. Programa Nacional de Tecnologías Informáticas, 2010.
- [22] P. Brusilovsky, *et al.*, "User model integration in a distributed adaptive E-Learning system," *July 29 th 2008 Hannover Germany*, 2008.
- [23] R. Conejo, *et al.*, "SIETTE: A Web-Based Tool for Adaptive Testing," *Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 14, pp. 29-61, 2004.
- [24] P. De_Bra, *et al.*, "GRAPPLE: Integrating Adaptive Learning into Learning Management Systems," *World Conference on Educational Multimedia*, p. 6, 2008.
- [25] E. Leonardi, *et al.*, "A flexible rule-based method for interlinking, integrating, and enriching user data," Vienna, Austria, 2010, pp. 322-336.

- [26] D. Smits and P. D. Bra, "GALE: a highly extensible adaptive hypermedia engine," Eindhoven, The Netherlands, 2011, pp. 63-72.
- [27] X. Wei and J. Yan, "Learner Profile Design for Personalized E-Learning Systems," presented at the Computational Intelligence and Software Engineering. CiSE 2009. International Conference, Wuhan, 2009.
- [28] IEEE, "IEEE P1484.1/D6, 2000-11-14. Draft Standard for Learning Technology - Learning Technology Systems Architecture (LTSA)," in *Public and Private Information (PAPI) for Learners (PAPI Learner)*, ed. New York: IEEE, 2000, p. 171.
- [29] H. Gonzalez, "Modelo Dinámico del Estudiante en Cursos Virtuales Adaptativos Utilizando Técnicas de Inteligencia Artificial," Maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2009.
- [30] L. Zaitseva and C. Boule, "Student Models in Computer-Based Education," 2003, pp. 451-451.
- [31] A. Elliman, "Delivering Inclusive Access for Disabled or Elderly Members of the community (DIADEM). Final Report," Information Society Technologies. Europe Union 3, 14 Septiembre 2010 2010.
- [32] M. Chi, *et al.*, "Inducing effective pedagogical strategies using learning context features," in *User Modeling, Adaptation and Personalization: 18th International Conference UMAP 2010*, Heidelberg, Germany, 2010, p. 12.
- [33] M. Alian and M. Al-Akhras, "AdaLearn: an adaptive e-learning environment," Amman, Jordan, 2010, pp. 1-7.
- [34] C. Skourlas, *et al.*, "A wireless distributed framework for supporting assistive learning environments," Corfu, Greece, 2009, pp. 1-4.
- [35] C. Wolf, "Construction of an Adaptive E-learning Environment to Address Learning Styles and an Investigation of the Effect of Media Choice," PhD., School of Education. Design and Social Context Portfolio, RMIT University, Melbourne, 2007.
- [36] T.-W. Tsai, *et al.*, "An affective computing approach to develop the game-based adaptive learning material for the elementary students," Aizu-Wakamatsu and Hamamatsu and Duesseldorf, Japan and Germany, 2012.
- [37] S. Green, *et al.*, "An adaptable personal learning environment for e-learning and e-assessment," Gabrovo, Bulgaria, 2008, pp. IV.5-1-IV.5-1.
- [38] E. Pearson, *et al.*, "Enabling learning for all through adaptable personal learning environments," *ascilite.org.au*, 2008.
- [39] S. Schiaffino, *et al.*, "Personalization in e-learning: the adaptive system vs. the intelligent agent approaches," Porto Alegre, RS, Brazil, 2008, pp. 186-195.
- [40] A. Aleksieva-Petrova and M. Petrov, "ADOPTA model of learner and educational game structure," Vienna, Austria, 2011, pp. 636-640.
- [41] D. Vassileva, "Evaluation of learning styles adaption in the adopta e-learning platform," Vienna, Austria, 2011.
- [42] P. Honey and A. Mumford, *The Manual of Learning Styles*: Peter Honey Publications, 1992.
- [43] S. Girard and H. Johnson, "Designing affective computing learning companions with teachers as design partners," Firenze, Italy, 2010, pp. 49-54.
- [44] E. Brown, *et al.*, "Real users, real results: examining the limitations of learning styles within AEH," Manchester, UK, 2007, pp. 57-66.
- [45] S. M. Parvez and G. D. Blank, "A pedagogical framework to integrate learning style into intelligent tutoring systems," *J. Comput. Small Coll.*, vol. 22, pp. 183-189, 2007.
- [46] R. M. Felder and L. K. Silverman, "Learning and Teaching Styles in Engineering Education," *Engineering Education*, vol. 78, pp. 674-681, 1988.

- [47] A. Al-Hmouz, *et al.*, "Enhanced learner model for adaptive mobile learning," Paris, France, 2010, pp. 783-786.
- [48] F. A. Khan, *et al.*, "An approach for identifying affective states through behavioral patterns in web-based learning management systems," Kuala Lumpur, Malaysia, 2009, pp. 431-435.
- [49] C. Teplovs, *et al.*, "Generating predictive models of learner community dynamics," Banff, Alberta, Canada, 2011, pp. 147-152.
- [50] L. A. M. Zaina, *et al.*, "An approach to design the student interaction based on the recommendation of e-learning objects," Sao Carlos, Sao Paulo, Brazil, 2010, pp. 223-228.
- [51] A. Tiroshi, "Graph based user modeling," presented at the 2012 ACM international conference on Intelligent User Interfaces Lisbon, Portugal, 2012.
- [52] C. Mulwa, *et al.*, "Adaptive educational hypermedia systems in technology enhanced learning: a literature review," Midland, Michigan, USA, 2010, pp. 73-84.
- [53] IEEE, "P1484.2/D7 Draft Standard for Learning Technology — Public and Private Information (PAPI) for Learners (PAPI Learner) ", ed. New York, USA: IEEE Computer Society, 2000, p. 198.
- [54] IMS_Global_Learning_Consortium, "IMS Learner Information Package Specification," in *IMS Learner Information Packaging Best Practice and Implementation Guide. Version 1.0 Final Specification.*, ed: IMS, 2001, p. 183.
- [55] Comité Europeo de Estandarización, "CEN Workshop Agreement- CWA 14926," in *Guidelines for the production of learner information standards and specifications* vol. 14926, ed. Bruselas, Bélgica: Comité Europeo de Estandarización, 2004, p. 25.
- [56] Centre_for_Recording_Achievement, "UK Learner Profile Version 1.1," in *UK HE Transcript Mapping to IMS LIP 1.0 and European Diploma Supplement*, JISC and CETIS, Eds., ed: CETIS, 2003, p. 49.
- [57] International_Organization_for_Standardization and IEC, "ISO/IEC JTC1 SC36 ISO-IEC 20013 - e-Portfolio Reference Model – PDTR Text for ballot," in *Information Technology for Learning, Education, and Training*, ed: ISO, 2010, p. 38.
- [58] Q. Li, *et al.*, "Learner Model in Adaptive Learning System," *Journal of Information & Computational Science*, vol. 7, p. 9, 2010.
- [59] Y.-H. WUa and Z.-H. WU, "A Survey of Application of Chinese e-Learning Technology Standards in Distance Education Colleges," in *17th International Conference on Computers in Education*, Hong Kong, 2009, p. 5.
- [60] Z. Zhiting, "The Development and Applications of eLearning Technology Standards in China," *International Journal of The Computer, The Internet and Management*, vol. 12, p. 5, 2004.
- [61] J. Jovanović, *et al.*, "Dynamic Assembly of Personalized Learning Content on the Semantic Web," in *The European Conference on the Semantic Web, ESWC*, Budva, Montenegro, 2006, p. 15.
- [62] D. Brickley and L. Miller. (2010, 26 de Mayo). *FOAF Vocabulary Specification 0.98*. Available: <http://xmlns.com/foaf/spec/>
- [63] IntelLEO. (2012, 27 de Mayo). *IntelLEO User Model Ontology*. Available: <http://intelleo.eu/ontologies/user-model/spec/>
- [64] SIOC-Project. (2012, 30 de Mayo). *SIOC Ontology*. Available: <http://sioc-project.org/ontology>
- [65] IMS_Global_Learning_Consortium, "IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective - Best Practice and Implementation Guide," ed: IMS, 2002, p. 37.

Anexo D

Diccionario para la taxonomía MIE

1. Diccionario de la taxonomía MIE

El presente documento tiene por objetivo complementar al diseñador instruccional o tutor en la identificación y conceptualización de elementos dispuestos en la taxonomía del Modelo Integral de Estudiante.

1.1 Estructura del MIE

La siguiente tabla muestra una estructura de categorización de los elementos definidos para los modelos de estudiante en los sistemas del enfoque relacionado. En esta, una categoría puede ser disgregada en sub-categorías que a su vez integran elementos particulares. Un elemento es una variable que consignará la información diagnosticada sobre un tema puntual del estudiante.

Categoría	Sub-categoría	Elementos
Aspectos Didácticos	Comportamiento	Duración de la sesión. Metas tratadas. Participación social. Realización de tareas. Resultados de evaluación. Revisión de notas. Tiempo de tratamiento de la actividad. Toma de notas.
		Errores y dificultades procedimentales
		Realimentación
	Reflexión sobre el proceso	Autoevaluación. Co-evaluación. Hetero-evaluación.
Características Psicológicas y físicas	Disposiciones afectivas	Emociones (miedo, sorpresa, aversión, ira, tristeza y alegría, Ansiedad, Orgullo, Satisfacción, aburrimiento, frustración). Interés. Motivación (Confianza, Confusión, Esfuerzo, Independencia, Proclividad).
	Estado personal	Funcionalidad física. Funcionalidad intelectual. Funcionalidad mental. Funcionalidad sensorial.
	Estilos de aprendizaje	Estilos de Aprendizaje Estrategias de Aprendizaje. Preferencias de Aprendizaje.
		Hábitos
	Personalidad	Gustos, Factores de Personalidad, Logro, Sentido del Progreso, Tolerancia.

		Valores
Información personal	Demográfica	Apellidos. Clase social*. Correo electrónico. Estado civil. Estatura. Fecha de nacimiento. Fotografía. Género. Idiomas adicionales. Lengua madre. Nombre. Página web. Peso. Profesión. Raza. Redes sociales. Religión*. Teléfono.
	Geográfica	Clima. Dirección. Municipio. Nacionalidad. Tipo de residencia. Región.
	Objetivos y perspectivas personales	Deseos. Objetivos.
		Observaciones sobre el estudiante
	Preferencias personales	Preferencia de actividades grupales. Preferencia de estudios.
Interacción con el sistema	Capacidad, nivel de experticia y destreza de uso	Experiencia con el sistema. Habilidad con el sistema.
	Entorno del sistema	Características ambientales. Características telemáticas de acceso. Preferencias de acceso.
	Historial de interacciones	Conjunto de interacciones. Recursos procesados por el estudiante. Rutas instruccionales eliminadas. Rutas instruccionales recorridas.
		Tipo de información
Nivel de conocimiento	Competencias	Portafolio. Relación de Competencias.
		Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento
		Errores conceptuales
		Historial de conocimiento
	Necesidades y objetivos de conocimiento	Expectativas cognitivas. Necesidades actuales. Rutas instruccionales.
Trabajo grupal	Interacciones sociales	Grupos.

Tabla 1.1. Categorización de elementos de la propuesta del Modelo Integral de Estudiante.

1.2 Glosario de términos

A continuación se brinda una breve descripción de algunos de los términos incluidos en la tabla del apartado previo, a fin de eliminar ambigüedades en la interpretación del lector.

1.2.1 Categorías

- **Aspectos Didácticos:** permite identificar elementos relacionados con la dinámica de la aplicación pedagógica en el sistema y los avances registrados en tal sentido por el estudiante.
- **Características Psicológicas y Físicas del Estudiante:** recopila la información que describe al estudiante en términos de sus características de personalidad y psicológicas: integrando las afectivas, emotivas, de comportamiento, capacidades, hábitos y gustos; de la misma manera esta categoría describe al estudiante según sus condiciones físicas y de lenguaje.
- **Información Personal:** categoría constituida por la información tendiente a identificar al estudiante desde su contextos social, familiar y personal.
- **Interacción con el Sistema:** categoría que describe la información derivada de la interacción del estudiante con el sistema.
- **Nivel de Conocimiento:** categoría integrada por la información relacionada con la definición del estado, preferencias, avance y necesidades de conocimiento en que se encuentra el estudiante, con respecto al dominio de conocimiento propio del sistema y de dominios conexos.
- **Trabajo Grupal:** categoría que describe las relaciones del estudiante con otros, su vinculación a agrupaciones y sus interacciones en actividades grupales.

1.2.2 Sub-categorías y elementos

A continuación se presenta una breve descripción de las sub-categorías y sus respectivos elementos.

- **Capacidad, nivel de experticia y destreza de uso:** pertenece a *Interacción con el sistema*. Solvencia o habilidades con que cuenta el estudiante para interactuar con el sistema, denotado por su uso previo o aplicación a actividades de cierto nivel de similitud.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Experiencia con el sistema.	Práctica prolongada con el sistema, valorada por el tiempo de uso.
Habilidad con el sistema.	Destreza en el uso del sistema, valorada por una relación entre elementos del sistema y nivel de uso.

Tabla 1.2. Elementos de Capacidad, nivel de experticia y destreza de uso.

- **Competencias:** pertenece a *::Nivel de conocimiento*. Conjunto de destrezas que demuestran la capacidad del estudiante para identificar, interpretar, argumentar o resolver problemas en los niveles de actitudes, cognitivo, psicomotor o social [1]. En esta categoría se incluye el portafolio como elemento articulador de las evidencias del proceso formativo del estudiante.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Portafolio	Conjunto de artefactos, auto-reflexiones y evidencias sobre el proceso de aprendizaje del estudiante.
Relación de Competencias	Identificación de las competencias del estudiante, empleando las definiciones del estándar IMS RDCEO [2].

Tabla 1.3. Elementos de Competencias.

- **Comportamiento:** pertenece a *::Aspectos Didácticos*. Información relacionada con el desempeño del estudiante en su proceso formativo, desde la perspectiva de los objetivos, tiempo y desarrollo de actividades para el alcance de logros. Reacciones del estudiante ya sea frente a su entorno o como efecto de su interacción con el diseño instruccional que el sistema le ofrece. Vincula las actitudes.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Duración de la sesión [3-4]	Tiempo total que el estudiante ha acumulado en la sesión (desde su ingreso al sistema hasta la suspensión). Se valora en los niveles: bajo, medio, alto. Características: idSesión, idActividad, duración, representado por medio de un arreglo dinámico. La definición de su valoración es un dato calculado a partir de la cantidad de sesiones y el tiempo acumulado para una misma actividad en relación con la media del grupo/ personal.
Metas tratadas [3]	A partir de los objetivos y metas trazados para la ruta instruccional, se identifica la proporción de metas que han sido abarcadas y cumplidas por parte del estudiante; tal proporción se valora en los niveles: bajo, medio, alto. Características de la Clase Meta: idMeta, estado (iniciada, suspendida, finalizada), fechaInicio, fechaFin, duración. Representado por medio de un arreglo dinámico. La definición de su valoración entre el número de MetasTratadas y aquellas cuyo estado es "finalizado".
Participación Social [4]	Frecuencia de participación en las actividades de

	<p>tipo social previstas dentro de la ruta instruccional del estudiante. Su verificación se realiza en los niveles: rara, esporádica, frecuente.</p> <p>Características: idSesion, idActividad, horalnicio, horaFin, duración (dato calculado horaFin-horalnicio). Representado por medio de un arreglo dinámico.</p> <p>La definición de su nivel de valoración es un dato calculado a partir del promedio de participación en actividades de tipo social a nivel personal.</p>
Realización de Tareas [4]	<p>Relación del número total de veces que el estudiante dio tratamiento a actividades definidas como "tarea" con respecto al total de asignaciones. Tal relación se valora en los niveles: bajo, medio, alto.</p> <p>La definición de su nivel de valoración es un dato calculado a partir de la relación entre el número de actividades del tipo "Tarea" que el estudiante ha podido registrar en el estado "finalizado", con respecto al total de materiales "Tarea" definidas en su actividad.</p>
Resultados de Evaluación [3-4]	<p>Determinación de resultados obtenidos sobre diferentes materiales/ instrumentos (quices, test pre y post, etc.) aplicados dentro de las actividades instruccionales.</p> <p>El nivel de resultados se mide en la escala: bajo, medio, alto.</p> <p>Características: idEvaluación, idActividad, duración, tipo, resultado, observaciones. Representado por medio de un arreglo dinámico.</p> <p>La definición de su valoración es un dato calculado a partir del promedio de resultados para un mismo tipo de evaluación.</p>
Revisión de notas [3]	<p>Frecuencia que se verifica en el estudiante con respecto al uso y aprovechamiento de las notas (apuntes) tomadas en su proceso formativo. Su valoración se realiza en los niveles: rara, esporádica, frecuente.</p> <p>Características: idSesion, idActividad, horalnicio, horaFin, duración (dato calculado horaFin-horalnicio). Representado por medio de un arreglo dinámico.</p> <p>La definición de su nivel de valoración es un dato calculado a partir del promedio de revisión de notas a nivel personal.</p>
Tiempo de tratamiento de la actividad [3]	<p>Corresponde al tiempo que el estudiante ha invertido dando tratamiento a cada material perteneciente a la</p>

	<p>actividad que se está desarrollando. Se valora en los niveles: bajo, medio, alto.</p> <p>La definición de su nivel de valoración es una relación entre la sumatoria de los tiempos invertidos por el estudiante en los materiales tratados y la sumatoria de los tiempos estimados de estudio de tales materiales.</p>
Toma de notas [3]	<p>Frecuencia observada en relación con el registro de información relevante del desarrollo de cada actividad por parte del estudiante. Su verificación se realiza en los niveles: raro, esporádico, frecuente.</p> <p>La definición de su nivel de valoración es una relación entre la Toma de notas en la actividad actual y el promedio de Toma de Notas que el estudiante registra en el sistema.</p>

Tabla 1.4. Elementos de Comportamiento.

- **Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento:** pertenece a *::Nivel de conocimiento*. En la medida en que el estudiante desarrolle las actividades del sistema con respecto al dominio de conocimiento, se van evidenciando conceptos que él etiqueta como desconocidos, sobre los cuales es preciso explicar o profundizar con actividades alternas.
- **Demográfica:** pertenece a *::Información personal*. Información personal que caracteriza al estudiante.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Apellidos.	Información natural del estudiante como identidad personal.
Clase social*.	Caracterización socioeconómica del estudiante dada por su estratificación.
Correo electrónico.	Correo electrónico de contacto.
Estado civil.	Información natural del estudiante como ciudadano.
Estatura.	Valoración corporal.
Fecha de nacimiento.	Información natural del estudiante como ciudadano.
Fotografía.	
Género.	Información natural del estudiante.
Idiomas adicionales.	Nivel de dominio en lectura, escritura y pronunciación de idiomas diferentes al nativo que el estudiante declara conocer. Relacionado con elementos del portafolio (certificaciones).
Lengua madre.	Información natural del estudiante.
Nombre.	Información natural del estudiante como identidad personal.
Página web.	URL personal.

Peso.	Valoración corporal.
Profesión.	Titulación profesional del estudiante.
Raza.	Información natural del estudiante como identidad personal.
Redes sociales.	Información de sistemas web de redes sociales a los que se encuentra vinculado el estudiante; valorado por identificador de red, nombre, identificador de usuario.
Religión*.	Información opcional de la filiación religiosa del estudiante.
Teléfono.	Números de contacto personal y familiar del estudiante.

NOTA: * Elemento opcional.

Tabla 1.5. Elementos de Demográfica.

- **Disposiciones afectivas:** pertenece a *::Características psicológicas y físicas*. Conjunto de rasgos de la personalidad con que el estudiante reacciona ante diferentes situaciones. Experiencias de sentimientos y emociones.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Emociones.	Reacción subjetiva al ambiente, acompañada de cambios orgánicos (fisiológicos y endocrinos) de origen innato, influida por la experiencia y que tiene la función adaptativa. Se refieren a estados internos como el deseo o la necesidad que dirige al organismo. Las categorías básicas de las emociones son: miedo, sorpresa, aversión, ira, tristeza y alegría. Valorado a partir del nivel de presencia de cada categoría.
	Ansiedad. Miedo anticipado a padecer un daño o desgracia futuros, acompañada de un sentimiento de temor o de síntomas somáticos de tensión; valorado a partir de su nivel de presencia.
	Orgullo. Alto concepto personal que deriva en confianza propia para el logro de resultados. El orgullo puede tener niveles como el reconocimiento de las capacidades, la confianza, la soberbia. Valorado por la identificación de los niveles de orgullo en el estudiante.
	Satisfacción. Conjunto de elementos en los que se considera a nivel individual que se han suplido o alcanzado su armonía. Valorado a partir de tales elementos.
Interés.	Referencia a la afinidad o tendencia de una persona hacia otro sujeto, cosa o situación. Valorado por la identificación de los tipos de interés del estudiante.
Motivación.	Conjunto de motivos que intervienen en un acto electivo, según su origen los motivos pueden ser de carácter fisiológico e

	<p>innatos (hambre, sueño) o sociales; estos últimos se adquieren durante la socialización, formándose en función de las relaciones interpersonales, los valores, las normas y las instituciones sociales. Valorado a partir del nivel de presencia de cada categoría (personal y social). La motivación es apoyada por los siguientes estados afectivos:</p>
	<p>Confianza. Creencia que estima que la persona será capaz de actuar de cierta manera frente a una determinada situación. En el <u>nivel personal</u>, la confianza es un componente importante de la sensación de saber, ya que reflejan el grado de certeza sobre la veracidad de la propia actuación al hacer una tarea, reflejando rasgos de autocontrol, aprendizaje, autorregulación y toma de decisiones [5]. La identificación de un alto nivel de confianza en el compañero (<u>confianza social</u>) es un indicador de conocimiento con el que puede predecir sus acciones y comportamientos, simplificando las relaciones sociales. Se considera que en lo que se refiere a la confianza se pueden dividir las personas en dos grupos, las normativas y las humanistas. Las normativas suelen pensar que sus semejantes son peligrosos, prefieren no expresar sus sentimientos y tienden a estar siempre alertas y a la defensiva. Las personas humanistas en cambio, creen en la honestidad de la gente, son más positivas en sus vidas, expresan sus emociones con más libertad y se pueden poner en el lugar del otro atribuyéndoles buenas cualidades e intenciones. Los científicos están de acuerdo en afirmar que estas características son muy estables en el tiempo y que son tanto propias del sujeto como adquiridas con la experiencia. Valorado a partir del nivel de presencia de cada categoría.</p>
	<p>Confusión. Corresponde a un desequilibrio cognitivo en cuanto a la comprensión del proceso de aprendizaje, lo que genera perturbación e incertidumbre, requiriendo aclaraciones o información adicional. Se estima dos tipos de estudiantes confusos por sus actuaciones: gamers (estudiantes que responden y actúan con ligereza, más por reacción de brindar cualquier respuesta) y stuck (estudiantes que responden baja cantidad de preguntas y presentan menos acciones de las requeridas). Valorado a partir del nivel en que se presenta cada tipificación.</p>
	<p>Esfuerzo. Característica con que se mantiene el ánimo para conseguir o perseverar por un logro. Valorado por la identificación del nivel de esfuerzo.</p>
	<p>Independencia. Entendida como la autonomía con la que el estudiante exhibe intencionalmente diligencia para dar tratamiento a sus actividades de aprendizaje. La independencia es determinada a partir del nivel de planificación, organización,</p>

	seguimiento y evaluación de las actividades. Valorada a partir del nivel que presenta cada uno de estos factores.
	Proclividad. Propensión o inclinación hacia determinado comportamiento o acción. Valorado por su nivel.

Tabla 1.6. Elementos de Disposiciones Afectivas.

En este apartado la mayoría de términos han sido tomados de [6].

- **Entorno del Sistema:** pertenece a *::Interacción con el sistema*. Atributos de configuración y calidad que determinan la facilidad percibida por el estudiante para usar el material que hace parte de las actividades y los enlaces en relación con la configuración del sistema. Se relacionan en esta sub- categoría las características del sistema tele-informático y ambientales que contribuyen a condiciones adecuadas de accesibilidad y uso.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Características ambientales	Condiciones del entorno en que el estudiante cumple su interacción con el sistema; valorado por niveles de ruido, temperatura, humedad, confort, ergonomía entre otros.
Características telemáticas de acceso	Características técnicas con que el estudiante accede al sistema; valorado por configuración del dispositivo (procesador, video, memoria, almacenamiento, cámara, sonido entre otros), ancho de banda, calidad de conexión.
Preferencias de acceso	Conjunto de preferencias del estudiante con respecto a la apariencia del sistema, dispositivos de acceso, horarios de uso, entre otros.

Tabla 1.7. Elementos de Entorno del Sistema.

- **Errores conceptuales:** pertenece a *::Nivel de conocimiento*. Conjunto de conceptos erróneos del estudiante.
- **Errores y dificultades procedimentales:** pertenece a *::Aspectos Didácticos*. Fallos e inconvenientes que el estudiante presenta a nivel de la actividad o en su proceso.
- **Estado personal:** pertenece a *::Características psicológicas y físicas*. Características físicas del estudiante que resultan básicas para su proceso.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Funcionalidad física.	Caracterización de afectaciones y funcionalidad a nivel físico en el estudiante. En este elemento también se relacionan potencialidades físicas,

	condiciones destacadas de salud y estilo de vida. Valorado a partir de la información presente en el estudiante.
Funcionalidad intelectual.	Se caracteriza por el nivel de las funciones mentales superiores (inteligencia, lenguaje, aprendizaje, entre otros), así como de las funciones motoras. Este aspecto abarca toda una serie de enfermedades y trastornos como el retraso mental, síndrome de Down y parálisis cerebral. Valorado a partir de la información presente en el estudiante.
Funcionalidad mental.	Las personas sufren alteraciones neurológicas y trastornos cerebrales. Valorado a partir de la información presente en el estudiante.
Funcionalidad sensorial.	Comprende deficiencias y funcionalidades visuales, auditivas, olfativas, de lenguaje y comunicación. Valorado a partir de la información presente en el estudiante.

La información registrada en este apartado ha sido adaptada de [7].

Tabla 1.8. Elementos de Estado personal.

- **Estilos de aprendizaje:** pertenece a *Características Psicológicas y Físicas*. Los Estilos de Aprendizaje se centran principalmente en la cognición, la personalidad y el aprendizaje del estudiante. Son preferencias y tendencias altamente individualizadas de una persona que influyen en su aprendizaje.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Estilos de Aprendizaje	Refieren a los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que apoyan el proceso de aprendizaje.
Estrategias de Aprendizaje.	Las Estrategias de aprendizaje son conductas o pensamientos que facilitan el aprendizaje, van desde habilidades de estudio, hasta los procesos de pensamiento más complejo como el uso de analogías para relacionar el conocimiento previo con la nueva información. Se refieren al uso de diferentes estrategias para la selección, adquisición e integración de nueva información con el conocimiento previo del estudiante.
Preferencias de Aprendizaje.	Definen las maneras adecuadas para aplicar los estilos de aprendizaje. Corresponden a preferencias

	personales para favorecer un tipo de entorno de aprendizaje, métodos de aprendizaje o de instrucción.
--	---

Tabla 1.9. Elementos de Estilos de Aprendizaje.

- **Geográfica:** pertenece a *::Información personal*. Información relacionada con la locación en que el estudiante desarrolla sus actividades.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Clima.	Condiciones ambientales que describen la relación de temperatura y humedad para la locación del estudiante; valorado por la identificación de la existencia o no de estaciones adicionalmente.
Dirección.	Información del domicilio del estudiante.
Municipio.	Información del municipio de residencia habitual.
Nacionalidad.	Información natural del estudiante como ciudadano.
Tipo de residencia.	Caracterización del sector de residencia; valorado como rural o urbano.
Región.	Información de la región en que habita el estudiante.

Tabla 1.10. Elementos de Geográfica.

- **Hábitos:** pertenece a *::Características psicológicas y físicas*. Comportamientos repetitivos del estudiante que pueden marcar tendencias en sus acciones y actitudes.
- **Historial de conocimiento:** pertenece a *::Nivel de conocimiento*. Relación de los diferentes conceptos y dominios de conocimiento en los que el estudiante ha desarrollado actividades instruccionales y se dan por aprendidos y aprobados, derivando su competencia. Incluye la identificación de estados destacados de aprendizaje, como el nivel inicial. El nivel de progreso se asocia a la Ganancia de aprendizaje (learning gains) [3]. Puede ser referido como un valor escalar o un valor cualitativo [8].
- **Historial de interacciones:** pertenece a *::Interacción con el sistema*. Conjunto de actividades que el estudiante ha desarrollado en el sistema para corresponder con el desarrollo instruccional.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Conjunto de interacciones	Relación de actuaciones del estudiante con el sistema; valorado por medio de fecha de alta, registros de entrada, registros de salida, estado de usuario.
Recursos procesados por el estudiante	Relación de recursos del sistema que han sido tratados por el estudiante; valorado con el nombre del

	recurso, fecha- hora- duración de acceso y uso, nivel de avance dentro del recurso.
Rutas instruccionales eliminadas	Relación de las rutas instruccionales de las que el estudiante ha desistido dentro del sistema; valorado por una relación entre identificador de la ruta, nodos vinculados e identificadores de recursos vinculados.
Rutas instruccionales recorridas	Relación de las rutas instruccionales que el estudiante ha cursado dentro del sistema; valorado por una relación entre identificador de la ruta, nodos vinculados e identificadores de recursos vinculados.

Tabla 1.11. Elementos de Historial de Interacciones.

- **Interacciones sociales:** pertenece a *::Trabajo grupal*. Identificación de las vinculaciones del estudiante con otros.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Grupos.	Información de los grupos a los cuales se ha vinculado el estudiante en el desarrollo de su actividad instruccional. Se complementa con elementos como identificador de grupo, características del grupo, roles cumplidos y fecha de trabajo grupal.

Tabla 1.12. Elementos de Interacciones Sociales.

Lo referido en este apartado se ha basado en lo definido en [9-10].

- **Necesidades y objetivos de conocimiento:** pertenece a *::Nivel de conocimiento*. Especificación de las características perseguidas por el estudiante con respecto a su proceso y las alternativas definidas para tal fin. Busca responder a la pregunta: ¿Por qué el usuario está empleando el sistema adaptativo y actualmente qué quiere lograr?

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Expectativas cognitivas.	Definición de las metas de conocimiento que el estudiante tiene frente al dominio de conocimiento, incluye la priorización de conceptos.
Necesidades actuales.	Identificación por parte del estudiante de requerimientos por cumplir o reforzar para dar tratamiento a la ruta instruccional; vincula conceptos y sus respectivas rutas instruccionales.
Rutas instruccionales.	Corresponde a los planes formativos que es posible definir según las expectativas y dominio de conocimiento a tratar.

Tabla 1.13. Elementos de Necesidades y Objetivos de Conocimiento.

- **Objetivos y perspectivas personales:** pertenece a *::Información personal*. Esta sub- categoría describe la proyección de logros que pretende alcanzar el estudiante con respecto a su nivel personal, incluye sus temas de interés y objetivos individuales.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Deseos.	Inclinación marcada que posee el estudiante hacia temas particulares, que lo motivan a su mayor conocimiento, consecución y disfrute; incluye aspiraciones, anhelos y caprichos. Valorada por la identificación del tema.
Objetivos.	Identificación de logros personales para la vida del estudiante; incluye los propósitos. Sinónimo: metas. Las metas son cambiantes en el tiempo. Valorado por su definición.

Tabla 1.14. Elementos de Objetivos y Perspectivas Personales.

- **Observaciones sobre el estudiante:** pertenece a *::Información personal*. Conjunto de observaciones que es posible generar tanto por el sistema, estudiante o un tutor con respecto al mismo estudiante. Generalmente ligado a las actividades tratadas.
- **Personalidad:** pertenece a *::Características psicológicas y físicas*. Conjunto de aspectos estables por largos periodos de tiempo e intrínsecos que describen la individualidad del estudiante. Existe una serie de factores que permiten establecer pautas para relacionar la personalidad del estudiante.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Gustos.	Voluntad propia para desarrollar actividades o preferir ciertos elementos. Valorado por la identificación de gustos.
Factores de Personalidad.	Se incluyen los siguientes factores: Extroversión/ Introversión, Agradable / Antagonista, Conciencioso/ Desorganizado, Neurótico/ emocionalmente estable, Abierto/ Cerrado.
Logro.	Disposición personal a mantener la tenacidad frente a diversos retos. Valorado a partir de su nivel.
Sentido del progreso.	Apreciación y gusto por el cambio de condiciones para alcanzar unas más favorables. Valorado a partir de la determinación de su nivel.
Tolerancia.	Condición de respeto a las demás personas en su entorno, es decir en su forma de pensar, de ver las

	cosas, de sentir y es también saber discernir en forma cordial en lo que uno no está de acuerdo. Valorado por la identificación del nivel de tolerancia del estudiante.
--	---

Tabla 1.15. Elementos de Personalidad.

- **Preferencias personales:** pertenece a *::Información personal*. Conjunto de preferencias del estudiante con respecto a actividades, recursos o tiempos de estudio.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Preferencia de actividades grupales.	Nivel de proclividad hacia el trabajo grupal.
Preferencia de estudios.	Predilección de características de estudio; valorada por medio de predilección en cuanto a horarios de estudio, duración, metodología, entre otros.

Tabla 1.16. Elementos de Preferencias Personales.

- **Realimentación:** pertenece a *::Aspectos Didácticos*. Espacio en que un tutor o compañero realiza observaciones al estudiante, centradas en el desarrollo de actividades instruccionales.
- **Reflexión sobre el proceso:** pertenece a *::Aspectos Didácticos*. Espacio en que se consignan las impresiones con respecto al avance y el desarrollo de actividades del estudiante, fundamentado en la auto-evaluación, co-evaluación y hetero-evaluación, siendo un espacio para plasmar los sentimientos despertados, el grado de motivación inicial y final, junto con la identificación de logros.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Autoevaluación.	Reflexiones que valoran individualmente las actividades y procesos desarrollados.
Co-evaluación.	Reflexión que realiza un par del estudiante sobre su proceso.
Hetero-evaluación.	Reflexión que realiza un tutor sobre el proceso del estudiante.

Tabla 1.17. Elementos de Reflexión sobre el Proceso.

- **Tipo de información:** pertenece a *::Interacción con el sistema*. Disposición de la información que será desplegada por el sistema, según los tipos visual, textual, audible, gráfica, numérica, gestual (para el caso de emociones) entre otros, y que dará soporte al proceso de despliegue de materiales y actividades dentro de la instrucción.

- **Valores:** pertenece a :: *Características psicológicas y físicas*. Son estimados como referentes, pautas o abstracciones que orientan el comportamiento en las dimensiones personal y social; su identificación brinda rasgos para definir conductas. Los valores se clasifican en sociales, individuales, morales, reactivos (meta bajo presión externa), adaptativos (meta por conveniencia) y autónomos (meta por criterio personal).

Referencias

- [1] E. Sánchez and M. Lama, "Técnicas de personalización del flujo de aprendizaje basadas en ontologías," 2009.
- [2] IMS_Global_Learning_Consortium, "IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective," in *Information Model*, ed: IMS, 2002, p. 11.
- [3] F. Bouchet, *et al.*, "Identifying Students' Characteristic Learning Behaviors in an Intelligent Tutoring System Fostering Self-Regulated Learning," 2012, pp. 1-8.
- [4] T.-H. Liang, *et al.*, "An exploration study on student online learning behavior patterns," in *IEEE International Symposium on IT in Medicine and Education, 2008. ITME 2008*, 2008, pp. 854-859.
- [5] J. Kay, *et al.*, "Empowering teachers to design learning resources with metacognitive interface elements," in *Handbook of Design in Educational Technology*, R. Luckin, *et al.*, Eds., ed: Taylor and Francis, 2013.
- [6] F. J. Bruno, *Diccionario de términos psicológicos fundamentales*: Paidós, 1997.
- [7] Organización_Mundial_de_la_Salud, "Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud," Ginebra, Suiza 2001.
- [8] L. Cobaleda and F. Duitama, "Personalización de contenidos en sistemas hipermedia educativos adaptativos: una revisión," *Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia*, vol. 0, pp. 217-226, 2013/03/20/2009.
- [9] R. Aranda Redruello, "Evaluación Diagnóstica sobre las Habilidades Sociales de los Alumnos de Educación Infantil: Proyecto de Formación del Profesorado en Centros (Centro "La Inmaculada" de Hortaleza) –Primera parte–," *Tendencias Pedagógicas*, vol. 12, p. 40, 2007.
- [10] A. A. Marcuello García. (2012, 12/03/2013). *Las competencias sociales. Concepto y técnicas para su desarrollo*. Available: http://www.psicologia-online.com/autoayuda/asertividad/competencias_sociales.shtml

Anexo E

Guías de recomendación para elaborar modelos de estudiante

1. Guías de Recomendación para Elaborar Modelos de Estudiante

A continuación se presentan las guías de recomendación en correspondencia con el proceso descrito en la Figura 1.1.

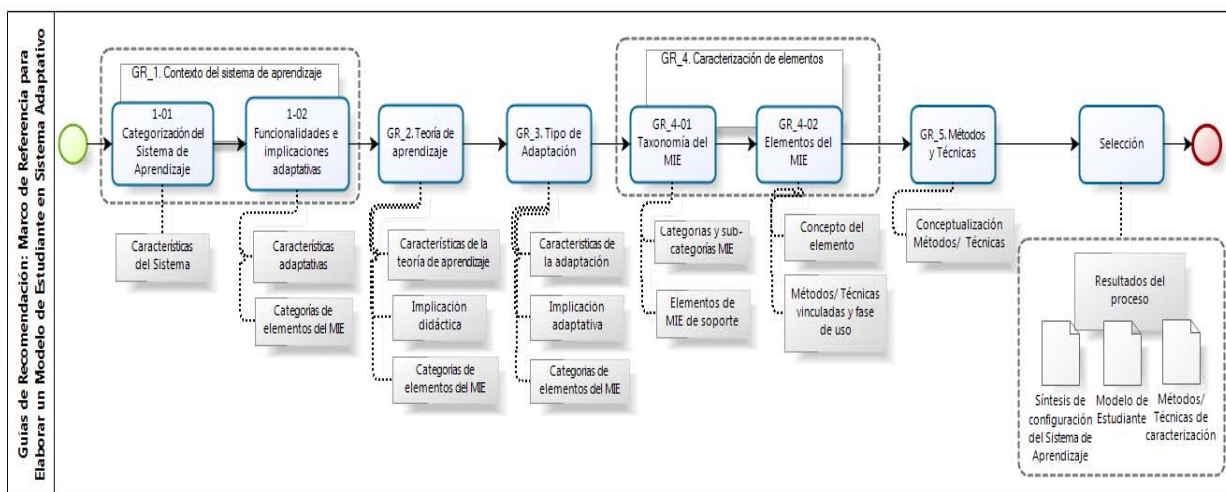


Figura 1.1. Secuencia de uso de las Guías de Recomendación.

1.1 Guías de Recomendación: Contexto del Sistema de Aprendizaje

Según BECTA¹, 'plataforma de aprendizaje' es "el término genérico para describir el amplio rango de sistemas ICT (Information and Communications Technology) empleados para proveer y soportar las actividades de aprendizaje" [1], lo que es interpretado por distintos autores como el marco de referencia sobre el que se conjugan la teoría educativa, la tecnología y los materiales para ofrecer experiencias de aprendizaje centradas en el estudiante. Esto extiende a los sistemas de aprendizaje dentro del concepto de Virtual Learning Environments (VLE).

¹ BECTA British Educational Communications and Technology Agency. <http://en.wikipedia.org/wiki/Becta>

Tomando en consideración la multiplicidad de conceptos, funcionalidades y usos asociados a los sistemas de aprendizaje, es difícil tipificar de manera tácita un sistema de aprendizaje específico respecto a otros. En correspondencia, en el presente estudio se ha asumido la clasificación legada de sistemas/ plataformas de aprendizaje, donde fundamentalmente el criterio corresponde a la cobertura del sistema, que conduce a una aplicación en contextos de mayor o menor amplitud. De otro lado, una vez se identifica el tipo de sistema, se hace posible adscribirle funcionalidades particulares.

La identificación del sistema de aprendizaje es una actividad esencial dentro del proceso de modelado, ya que a partir de ella los diseñadores pueden conceptualizar los alcances y limitantes tanto en el nivel conceptual como tecnológico de la solución con la que se pretende mediar el proceso de aprendizaje y por ende brindar la función adaptativa.

Secuencia del Proceso No.:	1	Propósito:	Contextualizar los alcances adaptativos según el sistema de aprendizaje.
Criterios de Entrada:	Identificación del sistema de aprendizaje.	Criterios de Salida:	Alcances adaptativos relacionados con el estudiante para el sistema de aprendizaje.
Actividades:	<ul style="list-style-type: none"> - Categorización del sistema de aprendizaje. - Identificación de funcionalidades e implicaciones adaptativas para el sistema de aprendizaje. 		
Métricas:	Tiempo:	20 minutos	
	Producto:	Un sistema de aprendizaje caracterizado. Una o múltiples funcionalidades necesarias para el sistema de aprendizaje. Una o múltiples categorías y sub-categorías del Modelo Integral de Estudiante base para el proceso adaptativo.	
	Riesgos:	El proceso podría fallar en los siguientes casos: <ul style="list-style-type: none"> - No existencia de criterios para identificar el tipo de sistema de aprendizaje por parte del grupo de diseñadores. - Falta de claridad en cuanto a las funcionalidades necesarias para el sistema de aprendizaje por parte del grupo de diseñadores. 	

Secuencia del Proceso No.:	1-01	Actividad:	Categorización del sistema de aprendizaje.
----------------------------	------	------------	--

La categorización del sistema de aprendizaje brinda nociones que enmarcan las características tecnológicas y funcionales que pueden ser alcanzadas con la plataforma seleccionada.

Sistema de Aprendizaje	Concepto	Características
Web Based Training (WBT)	Comúnmente se asocia a la generalidad del e-learning. Este sistema de aprendizaje parte del uso del browser como soporte para el despliegue de actividades síncronas (mediación del tutor y grupo) y asincrónicas (auto-dirigido) a través de Internet.	Dentro del set de herramientas para el soporte se tienen los métodos estáticos (portales de aprendizaje, documentos guía, hipervínculos, streaming y broadcast) y los métodos interactivos (videoconferencia, foros y chats). Este tipo de sistema, requiere apoyar el diseño pedagógico del tutor con el estímulo de la motivación del estudiante y con actividades que conduzcan al contacto humano, a fin de superar sus falencias [2].
Computer Based Training (CBT)	Sistema de aprendizaje con características similares al WBT, con la diferencia que se restringe a la provisión de actividades a nivel de una estación de trabajo (incluso llegando al nivel de una Intranet).	Su margen de uso es amplio, pero habitualmente se emplea para soportar la instrucción en sistemas tutoriales/entrenamiento para el conocimiento general o destrezas específicas. Es costoso de desarrollar dado su ajuste a un determinado grupo de estudiantes. Dentro de sus recursos más comunes se tienen: instrucción y práctica, tutoriales, simulaciones, juegos educativos, solución de problemas y aplicaciones. Generalmente desarrollados como sistemas de propósito específico. Se relaciona su concepto históricamente al Computer Aided Instruction (CAI) y de desarrollo particular.
Electronic Performance Support Systems (EPSS)	Sistemas considerados como extensión de los CBT y empleados para mejorar el desempeño de un estudiante en tareas complejas o repetitivas, razón por la que se emplea con problemas mal estructurados donde no hay respuesta correcta o incorrecta clara, tal como el diseño de un proyecto o escribir un ensayo [3].	Guiado en su mayoría a afianzar las destrezas en el desempeño laboral-académico, vinculando el conocimiento experto y las buenas prácticas dentro de un dominio específico. A nivel estructural, cuenta con: un componente de asesoramiento, un componente de información, un componente de entrenamiento y la interfaz con el usuario.
Learning Management System (LMS)	Sistemas de Gestión de Aprendizaje, son plataformas genéricas que permiten administrar tanto la información como actividades para el acompañamiento de la instrucción. Aunque su función está guiada al proceso instruccional, es posible adscribir en esta categoría	Suple funciones de administración, seguimiento, documentación, reporte y provisión de materiales instruccionales. Del lado CMS, las funciones de desarrollo, reutilización, publicación e integración de recursos.

	<p>sistemas de generación y administración de contenidos como los Sistemas Administradores de Cursos (Course Management System- CMS), Sistema de Gestión de Contenidos de Aprendizaje [14] (Learning Content Management System- LCMS), Entornos de Aprendizaje Gestionado (Managed Learning Environment- MLE), Sistemas de Soporte al Aprendizaje (Learning Support System- LSS), Cursos Online Abiertos y Masivos [4] (Massive Open Online Courses- MOOCs).</p>	
Intelligent Tutoring System- (ITS)	<p>Pretenden brindar aprendizaje significativo a los estudiantes por medio de instrucciones de asistencia tutorial inmediata, para superar problemas específicos según los objetivos definidos. Por extensión pueden relacionarse los Sistemas Hipermedia Adaptativos [5] (Adaptive Hypermedia System- AHS) que incluyen características del usuario y las aplica para adaptar aspectos visibles del mismo sistema.</p>	<p>Un sistema tutorial inteligente está compuesto generalmente por los modelos: dominio, estudiante, tutorial e interface. Funciones: basado en las competencias, estructuras de objetivos para tratar un problema, instrucción para el contexto problémico, reducción en la carga memorística, ajuste de granularidad de instrucciones, entre otras.</p>
Assessment Support Environment (ASE)	<p>Sistema de Soporte a la Evaluación. Sistemas de propósito específico que pretenden asistir en el proceso de indagación y valoración de los logros de un estudiante.</p>	<p>Este tipo de sistemas pueden diferir entre los orientados a la generación y gestión de instrumentos, y los orientados a la evaluación cognitiva, formativa y/ o personalizada del estudiante.</p>
Personal Learning Environment (PLE)	<p>Los Entornos de Educación Personal [6] conceptualmente pretenden cambiar el esquema pedagógico centrado en los contenidos, brindando el rol protagónico al estudiante. A este concepto se adscribe el Aprendizaje Basado en Competencias (Competency-based Learning).</p>	<p>Se caracteriza porque el estudiante asume el control y gestión de su propio proceso, lo que involucra la identificación y gestión de objetivos, gestión de contenidos y procesos y gestión de comunicación.</p>
Responsive Open Learning Environments (ROLE)	<p>Los Sistemas de Aprendizaje Abiertos de Respuesta [7-8] se fundamentan en el aprendizaje auto-regulado y de la responsabilidad del propio estudiante por su proceso.</p>	<p>Basados en aspectos meta-cognitivos, lo que implica que el estudiante esté en capacidad de mirar objetivamente su proceso de aprendizaje, identifique y promueva formas eficientes con las que aprende de manera más significativa. Este tipo de sistemas trabajan con adaptación de contenidos, navegación y funcionalidades del sistema, para el estudiante.</p>
Computer-supported	<p>Los entornos de trabajo en grupo o de colaboración fundamentan su</p>	<p>El aprendizaje colaborativo involucra el aprendizaje individual como insumo para</p>

Collaborative Learning (CSCL)	uso en la construcción de conocimiento colaborativo soportado en la interacción social.	producir por la construcción colaborativa de conocimiento (no el agregado de conocimientos particulares).
-------------------------------	---	---

Dotar a cualquiera de los anteriores sistemas del componente adaptativo (propósito, estructura, funcionalidad y elementos que esto conlleva), los conduce al terreno de los Entornos Adaptativos de Aprendizaje [9-12] (Adaptive Learning Environment-ALE).

Secuencia del Proceso No.:	1-02	Actividad:	Identificación de funcionalidades e implicación adaptativa para el sistema de aprendizaje.
----------------------------	------	------------	--

La funcionalidad del sistema de aprendizaje brinda un mayor acercamiento en la definición de las implicaciones adaptativas. A continuación solo se presentan funcionalidades que directamente vinculan las características del estudiante para los fines adaptativos, entre tanto se dejan de lado otras funcionalidades, como las de tipo administrativo, de diseño del sistema, interoperabilidad, persistencia, rendimiento, que no son menos importantes, pero para los fines del estudio no resultan siendo relevantes.

Funcionalidad	Contexto	Implicación Adaptativa
Asignación de currículo	A partir del mapeo curricular [13] que se realice para el sistema de aprendizaje (con el que se define la estructura del dominio de conocimiento), se realiza la identificación y asignación de las unidades temáticas que serán abarcadas por el estudiante dentro del diseño instruccional. El mapeo curricular involucra definir: área(s), unidades temáticas y objetivos (adicionalmente requiere la asignación de créditos académicos).	Identificación del Dominio de conocimiento como elemento para identificar la adaptación de contenidos, errores conceptuales, prerrequisitos, entre otros, respecto a cada estudiante.
		<p>Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio o Errores conceptuales o Historial de Conocimiento o Necesidades y objetivos

<p>Diseño instruccional</p>	<p>Corresponde a la manera en que la pedagogía y la didáctica derivadas de la experticia del tutor son empleadas a fin de plasmar la forma (método) en que los estudiantes podrán abarcar la estructura curricular y de esa manera promover el aprendizaje pretendido. En tanto, el diseño instruccional implica especificar: contexto pedagógico, competencias, rutas instruccionales y características del material de instrucción.</p>	<p>El contexto pedagógico brinda un marco sobre el que las actividades y recursos pueden adaptarse tanto para el estudiante, como su grupo. La adaptación de rutas instruccionales es necesaria para corresponder al ritmo y e historial cognitivo de cada estudiante. Muchas de las decisiones de adaptación de rutas instruccionales son valoradas a partir del cumplimiento de las rúbricas con las que se determina el logro de cada competencia. Uno de los recursos de adaptación destacados es el que corresponde a los materiales instruccionales (Objetos de Aprendizaje). Es reconocido que el diseño personalizado de los objetos de aprendizaje es complejo, pero a la vez necesario para los procesos adaptativos del sistema.</p> <p style="text-align: center;">Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio o Errores conceptuales o Historial de Conocimiento o Necesidades y objetivos
<p>Provisión de materiales de aprendizaje</p>	<p>Hace referencia a la capacidad del sistema para hacer accesible a los estudiantes el conjunto de objetos de aprendizaje.</p>	<p>Involucra el aspecto tecnológico debido a la provisión de materiales que se desplegarán en correspondencia con las características del contexto del estudiante (capacidades sensoriales, condiciones de las plataformas teleinformáticas para el acceso, entre otros).</p> <p style="text-align: center;">Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Errores y dificultades procedimentales - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estado personal o Estilos de aprendizaje o Hábitos - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Capacidad, experticia y destreza de uso o Entorno del sistema o Tipo de información - Nivel de Conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del

		<ul style="list-style-type: none"> dominio o Errores conceptuales o Historial de Conocimiento o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales
Entornos de juegos sociales (Social gaming environments)	La interacción social va más allá de la vinculación a redes sociales. Los entornos de juegos sociales habilitan espacios para permitir al estudiante comportarse "naturalmente" empleando como eje un juego particular, lo que permitirá registrar sus acciones, interacciones, emociones, comportamiento y demás. Se basa en el estímulo cognitivo y la riqueza de la interacción.	Identificación del comportamiento, actitudes, estados motivacionales, interacción social, entre otros.
		<p style="text-align: center;">Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estado personal o Hábitos o Personalidad o Valores - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Objetivos y perspectivas personales o Preferencias personales - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Capacidad, experticia y destreza de uso o Entorno del sistema o Historial de interacciones - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales
Seguimiento (tracking)	Identificación de las interacciones del estudiante con el sistema y su contexto.	Definición de acciones, comportamiento, actitudes, información administrativa respecto a los recursos y demás del estudiante.
		<p style="text-align: center;">Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estado personal o Estilos de aprendizaje o Hábitos o Personalidad o Valores - Interacción con el sistema

		<ul style="list-style-type: none"> o Capacidad, experticia y destreza de uso o Entorno del sistema o Historial de interacciones - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio o Errores conceptuales o Historial de Conocimiento o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales
Realimentación (feedback)	Destacada característica con la que se apoya el acompañamiento y la auto-reflexión del estudiante para vincular habilidades meta-cognitivas.	Implicaciones respecto a la caracterización del estudiante y a las condiciones de tratamiento de rutas y materiales de aprendizaje.
		<p style="text-align: center;">Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Realimentación o Reflexión sobre el proceso
Soporte tutorial	Corresponde a las prestaciones del sistema relacionadas con la posibilidad de asistir al estudiante en el momento oportuno por parte de intervenciones del tutor.	Involucra la generación de alertas respecto al comportamiento/ ejecución de actividades por parte del estudiante.
		<p style="text-align: center;">Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexión sobre el proceso - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Historial de interacciones - Nivel de Conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio o Errores conceptuales o Historial de Conocimiento o Necesidades y objetivos
Evaluación	Actividades de identificación del cumplimiento de logros. Las evaluaciones deben ser observables y medibles. Las evaluaciones se tipifican en cuatro grupos: bajo valor, alto valor, formativa y sumativa; en este grupo se destaca que la evaluación formativa no	Evaluación adaptada a las condiciones del estudiante, su ruta instruccional e historial cognitivo.
		<p style="text-align: center;">Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexión sobre el proceso

	<p>tiene por objetivo directo cuantificar los logros del estudiante sino contribuir en la ruta de reflexión y síntesis del conocimiento alcanzado. En cuanto a los métodos evaluativos, se cuenta con los convergentes (la valoración confluye a una respuesta adecuada y aceptable, basada en los dominios del recuerdo y entendimiento, según la taxonomía de Bloom) y divergentes (varias respuestas pueden ser aceptables y correctas, basada en los dominios de aplicación, análisis, evaluación y creación, según la taxonomía de Bloom)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estilos de aprendizaje - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Capacidad, experticia y destreza de uso o Entorno del sistema o Tipo de información - Nivel de Conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio o Errores conceptuales o Historial de Conocimiento o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales
Comunicación	<p>Diferentes mecanismos que de manera síncrona o asincrónica facilitan la interacción del estudiante con los otros actores del sistema.</p>	<p>Identificación de los métodos de comunicación adecuados para tratar las actividades del estudiante. Puede incluir: tablero de mensajes, correo electrónico, foros, chat, pantalla compartida, grupos de discusión, video conferencia, aplicaciones compartidas, software de control remoto, mensajería instantánea, redes sociales, entre otros.</p> <p style="text-align: center;">Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Estado personal <ul style="list-style-type: none"> ▪ Funcionalidad física ▪ Funcionalidad sensorial o Estilos de aprendizaje - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Capacidad, experticia y destreza de uso o Entorno del sistema - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales

<p>Movilidad</p>	<p>Función que va más allá de la simple disposición del sistema de aprendizaje de manera ubicua, ya que vincula la flexibilidad para corresponder a la motivación del estudiante y a la disposición de condiciones de acceso, como el concepto Trae tu Propio Dispositivo [14] (Bring Your Own Device-BYOD).</p>	<p>La flexibilidad vista desde la adaptación como la capacidad de comportarse el sistema según las características del estudiante (tiempo, acceso, complejidad, entre otros). Información personal y del contexto del estudiante. Adaptación de materiales de aprendizaje.</p> <p>Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Estado personal <ul style="list-style-type: none"> ▪ Funcionalidad física ▪ Funcionalidad sensorial o Hábitos - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Capacidad, experticia y destreza de uso o Entorno del sistema
<p>Entorno</p>	<p>El sistema de aprendizaje debe convertirse en un espacio ameno para el estudiante y esto se logra brindándole la confianza de adecuarlo a sus gustos y características específicas.</p>	<p>Implica el carácter adaptable complementario al carácter adaptativo del sistema de aprendizaje.</p> <p>Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Personalidad - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Preferencias personales - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Entorno del sistema
<p>Administración de la información del estudiante</p>	<p>Obtención y manipulación de la información particular de cada estudiante.</p>	<p>Involucra el tipo de modelo (abierto/ cerrado) para ser administrado por el mismo estudiante y alimentado por los procesos de caracterización del sistema adaptativo.</p> <p>Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <p>Implica la gestión sobre la totalidad del Modelo Integral de Estudiante</p>

1.2 Guías de Recomendación: Teoría de Aprendizaje

Las Teorías de Aprendizaje tratan la forma en que el estudiante avanza en sus destrezas, conocimiento, capacidades, competencia, actitudes y valores, mientras que la pedagogía se refiere a la mediación didáctica que el diseñador/ tutor realiza

para facilitar el aprendizaje en el contexto educativo [15]. Tanto en el esquema formativo tradicional, como en el de e-learning, el sustento pedagógico debe constituirse en la columna vertebral del diseño didáctico (generalmente en e-learning se presta más atención a las características técnicas que a las pedagógicas) y fortalecer el método con el cual el aprendizaje puede ser alcanzado por cada estudiante. De esta manera, de la intersección entre la teoría de aprendizaje y la pedagogía, se identifican características que aportan al proceso adaptativo.

El conjunto de teorías relacionadas en la presente guía de recomendación, se basa en el propuesto para el proyecto HoTEL [16] y hace uso de sus conceptos en correspondencia con la licencia Creative Commons Attribution 3.0². Para efectos de este estudio, se usa la citada información para determinar las implicaciones didácticas y adaptativas de tales teorías, siendo este un aporte diferenciador. Vale la pena aclarar que el objetivo de la presente guía de recomendación no es impartir un conocimiento en extensión respecto a cada una de las teorías de aprendizaje relacionadas, sino el concepto destacado de cada una de ellas, pues se parte del criterio que el equipo de diseño del sistema de aprendizaje cuenta con personal idóneo en el diseño instruccional, lo que conlleva la necesidad de incluir el dominio conceptual de la pedagogía y didáctica en entornos virtuales de aprendizaje.

Secuencia del Proceso No.:	2	Propósito:	Caracterizar el soporte al proceso adaptativo que brindan las teorías de aprendizaje.
Criterios de Entrada:	Identificación de la(s) teoría(s) de aprendizaje.	Criterios de Salida:	Características adaptativas derivadas de las teorías de aprendizaje.
Actividad:	Identificar las características adaptativas derivadas de las teorías de aprendizaje que soportan el proceso pedagógico para el sistema de aprendizaje.		
Métricas:	Tiempo:	25 minutos	
	Producto:	Uno o múltiples paradigmas/conceptos relevantes a considerar en el sistema de aprendizaje. Una o múltiples consideraciones a nivel didáctico para el sistema de aprendizaje, en relación con cada teoría. Una o múltiples categorías y sub-categorías del Modelo	

² <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>

	Riesgos:	Integral de Estudiante base para el proceso adaptativo.
		<p>El proceso podría fallar en los siguientes casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El equipo de diseño del sistema de aprendizaje no tiene el dominio conceptual con respecto a las teorías relacionadas en la guía de recomendación. - El equipo de diseño del sistema de aprendizaje no identifica alguna de las teorías incluidas en la guía de recomendación, con respecto a las pretensiones pedagógico- didácticas para el mismo sistema. - El equipo de diseño del sistema de aprendizaje no cuenta con un conocimiento de la teoría de aprendizaje, mayor al concepto brindado para cada teoría en la guía de recomendación.

Nombre:		Comunidades de práctica		Implicación Didáctica	
Tipo:		Concepto		El eje central de este concepto es el aprendizaje colaborativo, lo que conlleva a un diseño didáctico basado en actividades como: conformación de grupos, construcción grupal y sustentación de productos de manera unificada.	
Autor:	Jean Lave & Etienne Wenger	Área:	Antropología social		
Concepto :	Grupos de personas que comparten un tema o un interés y dada su interacción periódica, hacen posible mejorar su aprendizaje y por ende sus destrezas. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Community_of_practice			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
				<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Reflexiones sobre el proceso <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hetero-evaluación - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Preferencias personales - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales 	

Nombre:	Aprendizaje situacional			Implicación Didáctica
Tipo:	Paradigma de aprendizaje			Es importante destacar la necesidad de especificar un contexto particular dentro del diseño didáctico y a partir de ello posibilitar el trabajo cooperativo para construir conocimiento.
Autor:	Jean Lave & Etienne Wenger	Área:	Antropología social	
Concepto:	Reconoce al aprendizaje como un proceso social en el que el conocimiento se construye de manera cooperativa dentro de un contexto determinado por características físicas y sociales. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Situated_learning			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Reflexiones sobre el proceso <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hetero-evaluación - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Preferencias personales - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales

Nombre:	Teoría de la conversación			Implicación Didáctica
Tipo:	Concepto			El estudiante debe identificar el objeto de conocimiento y con el apoyo del material de aprendizaje hacer uso de recursos que promuevan su comunicación ya sea con un par o el mismo tutor.
Autor:	Gordon Pask	Área:	Cibernética y Psicología	
Concepto:	Corresponde a una teoría enmarcada dentro de la cibernética y la dialéctica con la que se sustenta la manera en que las interacciones conducen al conocimiento. El diálogo refleja el nivel de comprensión de un tema y permite incrementarlo hasta alcanzar un "entendimiento". Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Conversation_theory			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estilos de aprendizaje - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Preferencias personales - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Entorno del sistema o Tipo de información - Nivel de conocimiento

		<ul style="list-style-type: none"> o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales
--	--	---

Nombre:		Teoría del texto y la conversación		Implicación Didáctica	
Tipo:		Concepto		El autor define que existen bajo esta teoría dos posibles tipos de aprendizaje: serialista y holístico. Esto conlleva a un diseño instruccional secuencial o global.	
Autor:	James Taylor	Área:	Organización		
Concepto:	La comunicación es la base fundamental para crear una organización. El texto (contenido y significado) y la conversación (interacción, discurso e intercambio) se convierten en el sustrato de la organización. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Text_and_conversation_theory			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estilos de aprendizaje - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Preferencias personales - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Entorno del sistema o Tipo de información - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales 					

Nombre:		Aprendizaje organizacional		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		Este tipo de aprendizaje implica la consolidación de grupos de estudio en torno a un fin común y la posibilidad de establecer y cuantificar los logros cognitivos en los niveles individual, grupal, de otros grupos y entorno. Un sistema de aprendizaje basado en esta teoría debe integrar herramientas para la comunicación y registro permanente.	
Autor:	Ikujiro Nonaka & Hirotaka Takeuchi	Área:	Organización		
Concepto:	Corresponde a una organización adaptativa con la capacidad de percibir los cambios de su entorno como señales y adaptarse a ellos. El principio del aprendizaje organizacional es la mejora a partir de la experiencia en los niveles individual, grupal, organizacional e inter-				

	<p>organizacional. El contexto de aprendizaje está dado por características como la estructura, cultura, tecnología, identidad, memoria incentivos, objetivos y estrategia y se complementa con los competidores, clientes y reguladores. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Organizational_learning</p>	<p>Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p>
		<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estilos de aprendizaje - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Preferencias personales - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Entorno del sistema - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales

Nombre:	Aprendizaje en doble ciclo		Implicación Didáctica
Tipo:	Concepto		<p>Dadas que esta teoría centra en el objetivo y proceso, un sistema de aprendizaje puede aplicar el doble ciclo redefiniendo tanto los alcances de las unidades temáticas, como la ruta instruccional para ello.</p>
Autor:	Chris Argyris & Donald Schön	Área: Organización	
Concepto:	<p>Generalmente cuando un problema es tratado en forma repetida con el mismo método y objetivo definido, la solución puede o no alcanzarse, lo que conforma un primer ciclo. La experiencia alcanzada en un ciclo de aprendizaje permite replantear los objetivos e inspeccionar nuevas formas de alcanzarlos. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Double_loop_learning</p>		<p>Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Estilos de aprendizaje

		<ul style="list-style-type: none"> - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Preferencias de estudio - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Historial de interacciones - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos
--	--	--

Nombre:		Aprendizaje experiencial		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		El sistema de aprendizaje debe permitir la reflexión para adecuar las rutas instruccionales y materiales de aprendizaje.	
Autor:	David Kolb	Área:	Organización		
Concepto:	El conocimiento, destrezas y sentimientos se obtienen de manera continua a través de las experiencias personales y ambientales; para ello el estudiante debe: 1) mantener la disposición para reflexionar sobre la experiencia, 2) usar su destreza analítica para conceptualizar la experiencia y 3) tomar decisiones y solucionar problemas para hacer uso de las ideas ganadas con la experiencia. El modelo involucra cuatro elementos: experiencia concreta, observación y reflexión, formación de conceptos abstractos y finalmente las pruebas en nuevas situaciones. Vínculo: http://infed.org/mobi/david-a-kolb-on-experiential-learning/			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
				<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estilos de aprendizaje o Hábitos - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos 	

Nombre:		Estilos de aprendizaje		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		Ajuste del sistema (rutas instruccionales y materiales principalmente) al estilo de aprendizaje de cada estudiante.	
Autor:	Peter Honey & Alan Mumford, David Kolb, Neil Fleming, Richard	Área:	Organización y Educación		

	Felder, Peter Honey, entre otros		
Concepto:	El aprendizaje efectivo corresponde a cuatro habilidades: de experiencia concreta, de observación reflexiva, de conceptualización abstracta y de experimentación activa. Si se identifican estas habilidades, es posible establecer el estilo de aprendizaje y así ajustar el proceso didáctico. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Learning_styles	Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
		<ul style="list-style-type: none"> - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Estilos de aprendizaje 	

Nombre:	Sociedad desescolarizada		Implicación Didáctica
Tipo:	Paradigma de aprendizaje		El aprendizaje para el individuo y la sociedad conlleva procesos didácticos completamente flexibles en los que el estudiante realiza el planeamiento de sus rutas de aprendizaje y él mismo estima los logros alcanzados. La auto-regulación, auto-determinación, motivación y valores son esenciales para éste proceso.
Autor:	Ivan Illich	Área:	
Concepto:	Soportado en la falencias del sistema educativo tradicional, plantea la necesidad de des-institucionalizar el sistema educativo de manera que se des-institucionalice igualmente la sociedad. La des-institucionalización involucra liberar al aprendizaje de las dependencias de certificados, logros y la rigidez del sistema. Esto permite re-significar el proceso de aprendizaje como la oportunidad para aprender, compartir y cuidar, tejiendo redes sociales para aprender en conjunto. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Ivan_Illich#Deschooling_Society		Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante
			<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estilos de aprendizaje o Hábitos o Personalidad o Valores - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Preferencias personales - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales

		<ul style="list-style-type: none"> ○ Historial de conocimiento ○ Necesidades y objetivos
--	--	--

Nombre:		Homeschooling, unschooling		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		La educación en el hogar compromete la exploración, el análisis y la conceptualización auto- motivada, de forma que el estudiante (y su hogar) se constituyen en gestores del proceso formativo.	
Autor:	John Holt	Área:	Educación		
Concepto:	Se fundamenta en el entendimiento del aprendizaje como la libertad natural para perseguir los propios intereses y enriquecer la búsqueda de recursos para alcanzarlos. Define al hogar como el lugar adecuado para desatar la exploración del mundo. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/John_Holt_%28educador%29#From_Homeschooling_to_unschooling			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
				<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> ○ Comportamiento ○ Errores y dificultades procedimentales ○ Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> ○ Disposiciones afectivas ○ Estilos de aprendizaje ○ Hábitos ○ Personalidad ○ Valores - Información personal <ul style="list-style-type: none"> ○ Preferencias personales - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> ○ Competencias ○ Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento ○ Errores conceptuales ○ Historial de conocimiento ○ Necesidades y objetivos 	

Nombre:		Pedagogía crítica		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		Sustenta procesos exploratorios con los que el estudiante puede descubrir la información y construir su conocimiento sin estar estrictamente ligado a los materiales de aprendizaje provistos por el sistema. El ciclo de aprendizaje se sustenta en gran parte en los procesos de reflexión y meta-conocimiento.	
Autor:	Paulo Freire	Área:	Educación y Filosofía		
Concepto:	Movimiento educativo guiado por la pasión y principios, para ayudar al estudiante a desarrollar consciencia de la libertad, reconocer las tendencias autoritarias y conectar el conocimiento al poder y la habilidad de emprender la acción constructiva. El proceso de enseñanza aprendizaje es un proceso continuo que involucra el desaprendizaje, aprender, volver a aprender, reflexión y evaluación. Vínculo:			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
				<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> ○ Comportamiento 	

	http://en.wikipedia.org/wiki/Critical_pedagogy	<ul style="list-style-type: none"> o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estilos de aprendizaje o Hábitos o Personalidad o Valores - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Preferencias personales - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos
--	---	---

Nombre:		Relaciones interpersonales		Implicación Didáctica	
Tipo:		Concepto		Dado que el tutor juega un papel importante en la definición de las rutas instruccionales y por ende en la definición didáctica, la actitud con que se ejerza el rol derivaran en la dinámica formativa del estudiante.	
Autor:	David Hargreaves	Área:	Educación		
Concepto:	Este concepto de aprendizaje se centra en el rol del tutor y la manera en que interactúa y es percibido por parte de sus estudiantes. Este rol resulta esencial para las interacciones del estudiante en el sistema de aprendizaje. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/David_Hargreaves			<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexión sobre el proceso - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales 	

Nombre:		Educación de Montessori		Implicación Didáctica			
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		Este método apoya la libertad del estudiante dentro de parámetros "tolerables", resaltado que los materiales de aprendizaje deben ser ajustados de manera que puedan			
Autor:	María Montessori	Área:	Educación				
Concepto:	Propuesta fundamentada en la independencia, libertad dentro de ciertos límites y respeto por el						

	<p>desarrollo psicológico, físico y social, naturales en el estudiante. Los elementos esenciales del método son: sesiones de grupo mezcladas con diferentes edades, selección de actividades por parte del estudiante dentro de un rango de opciones, bloques ininterrumpidos de tiempo de trabajo, un modelo constructivista o de descubrimiento donde se aprenden conceptos trabajando con los materiales más que bajo la instrucción del tutor, materiales educativos especializados, libertad de movimiento dentro del espacio formativo, guía especializada. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Montessori_education</p>	<p>corresponder al criterio del estudiante para su selección. El hecho que el estudiante pueda escoger las actividades a desarrollar dentro de diversas opciones, conduce a diseñar rutas de aprendizaje alternas y plausibles para el nivel de cada uno.</p>
		<p>Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexión sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Estilos de aprendizaje - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales

Nombre:	Pedagogía científica		Implicación Didáctica
Tipo:	Concepto		Las rutas de aprendizaje deben ser dinámicas y permitir al estudiante explorar los materiales que le resulten adecuados a su interés, permitiendo su manipulación en diferentes momentos a fin que cumplan con una adecuada abstracción y generen la capacidad de comunicar sus logros.
Autor:	María Montessori	Área: Educación	
Concepto:	<p>Especifica a la ciencia como un pilar en la educación, de forma que los estudiantes no deben limitarse a la observación y mediciones, sino deben explorarse nuevos métodos que los transforme. "La ciencia modifica y mejora al individuo". La ejecución práctica es un comportamiento natural en el estudiante, de forma que ellos desarrollen su propio ritmo y le permitan al tutor entenderlo. A nivel metodológico una sesión se define con actividades como: exploración, manipulación, orden, repetición, abstracción y comunicación. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Maria_Montessori#Scientific_pedagogy</p>		<p>Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento

		<ul style="list-style-type: none"> ○ Errores y dificultades procedimentales ○ Realimentación ○ Reflexión sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> ○ Estilos de aprendizaje ○ Hábitos - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> ○ Competencias ○ Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento ○ Errores conceptuales ○ Historial de conocimiento ○ Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> Interacciones sociales
--	--	--

Nombre:		Educación experiencial		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		Toma como ejes fundamentales la reflexión, el contexto social y el entorno.	
Autor:	John Dewey	Área:	Educación		
Concepto:		Describe al proceso que ocurre entre el tutor y los estudiantes que conlleva experiencia directa con el entorno de aprendizaje y los contenidos. Se focaliza en la reflexión para incrementar el conocimiento, desarrollar destrezas, clarificar valores y el desarrollo de la capacidad personal para contribuir a la comunidad. Involucra métodos como: Educación al aire libre,		Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
				<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> ○ Comportamiento ○ Errores y dificultades procedimentales ○ Realimentación ○ Reflexión sobre el proceso - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> ○ Entorno del sistema <ul style="list-style-type: none"> ▪ Características ambientales - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> ○ Competencias ○ Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento ○ Errores conceptuales 	

	aprendizaje de servicio, aprendizaje cooperativo, aprendizaje activo y educación ambiental. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Experiential_education	<ul style="list-style-type: none"> ○ Historial de conocimiento ○ Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> Interacciones sociales
--	--	--

Nombre:		Constructivismo		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		Resulta destacado promover en el estudiante actividades prácticas que conlleven el cuestionamiento de sus ideas, lo que conduce a la reflexión y por tanto a la experiencia. Es importante incentivar en el estudiante su capacidad expresiva e introspectiva. Se destaca el "aprendizaje basado en problemas" como aplicación, que define estrategias como: El estudiante debe ser apoyado para que sienta que empieza a apropiarse del problema general a tratar, la tarea y la capacidad cognitiva del estudiante tienen que coincidir con la dimensión de los problemas, es necesario estimular la reflexión del estudiante sobre el contenido, proceso y resultados, y finalmente, animar la prueba de ideas desde diferentes puntos de vista en distintos contextos.	
Autor:	John Dewey, Richard Millwood, Ernst von Glasersfeld, Jean Piaget, Lev Vygotsky	Área:	Diseño, Filosofía, Educación, Cibernética, Psicología, Lingüística		
Concepto:	Esta filosofía argumenta que el individuo genera conocimiento y significado a través de la interacción entre sus experiencias e ideas. Sugiere que a través de los procesos de acomodación y asimilación cada persona construye nuevo conocimiento desde sus experiencias. Es relevante el valor de los conocimientos previos del estudiante. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Constructivism_%28philosophy_of_education%29			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> ○ Comportamiento ○ Errores y dificultades procedimentales ○ Realimentación ○ Reflexión sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> ○ Disposiciones afectivas ○ Estado personal <ul style="list-style-type: none"> ▪ Funcionalidad intelectual ▪ Funcionalidad mental ○ Estilos de aprendizaje - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> ○ Competencias ○ Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento ○ Errores conceptuales ○ Historial de conocimiento ○ Necesidades y objetivos 					

Nombre:		Constructivismo expresivo		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		La comunicación tiene como base los procesos cognitivos del estudiante y estos le permiten cumplir con actividades que ponen de manifiesto la experimentación de su conocimiento.	
Autor:	Richard Millwood	Área:	Diseño		
Concepto:	Modelo que explica cómo el				

aprendizaje trabaja dinámicamente en términos de actividades cognitivas de expresión y evaluación. El modelo ayuda al diseñador educativo a tomar decisiones efectivas haciendo uso de la tecnología. Parte de principios como: el conocimiento no es pasivamente recibido, el conocimiento es activamente construido, la función de la cognición es adaptativa y la cognición sirve a la organización del sujeto del mundo experiencial, no al descubrimiento de una realidad ontológica objetiva. Vínculo: http://phd.richardmillwood.net/en/claim/expressive-constructivism	Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
	<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Reflexión sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estado personal <ul style="list-style-type: none"> ▪ Funcionalidad intelectual ▪ Funcionalidad mental o Estilos de aprendizaje - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Preferencias personales - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos 	

Nombre:		Constructivismo radical		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		Se apoya en la capacidad de reflexión y juzgamiento de cada estudiante, respecto a las actividades ligadas a un concepto en particular, lo que conlleva un registro de las impresiones e inferencias producidas por el propio estudiante.	
Autor:	Ernst von Glasersfeld	Área:	Filosofía, Cibernética		
Concepto:	Se reconoce que el conocimiento no está dispuesto en unidades portables de una mente a otra, en cambio, cada individuo enlaza interpretaciones específicas de experiencias e ideas con su valor de lo que es posible y viable. Así, la comprensión es dependiente de la interpretación subjetiva del individuo respecto a su experiencia activa. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Constructivist_epistemology#Constructivist_trends			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
				<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación Reflexión sobre el proceso 	

Nombre:		Constructivismo social		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		Es importante a nivel didáctico promover actividades de generación, identificación y participación activa en grupos, a la vez que el estudiante sea capaz de expresar los significados que ha construido en conceptos compartidos con su	
Autor:	Lev Vygotsky	Área:	Psicología, Lingüística		
Concepto:	El individuo está inmerso en una sociedad que cuenta con rasgos culturales, en ella los grupos construyen conocimiento colaborativamente				

	creando una pequeña cultura de artefactos compartidos con significados compartidos. Así la cultura juega un papel importante en el desarrollo cognitivo de una persona. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Social_constructivism	grupo.
		Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante
		<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Realimentación o Reflexión sobre el proceso - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales

Nombre:		Construccionismo		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		Es necesario involucrar al estudiante en la generación de conclusiones a través de la experimentación creativa y la fabricación de objetos sociales. Es destacada su aplicación en la programación de máquinas.	
Autor:	Seymour Papert	Área:	Educación, Ciencias cognitivas		
Concepto:	Los estudiantes construyen de manera individual modelos mentales para entender el mundo que les rodea. En este modelo el rol del tutor es el de facilitador quien asesora a sus estudiantes para abrirles hacia metas personalmente significativas. El aprendizaje puede presentarse más efectivamente cuando las personas están activas en la fabricación de objetos tangibles. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Constructivism_%28learning_theory%29			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
				<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Realimentación o Reflexión sobre el proceso - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Objetivos y perspectivas personales o Preferencias personales - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales 	

Nombre:		Conectivismo		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		Enmarca el conectivismo la flexibilidad de las rutas instruccionales, para lo cual el estudiante debe conocer claramente el objeto de estudio y de esta manera proceder a enlazar recursos, generando conceptos y reflexiones.	
Autor:	John Dewey, Richard Millwood, Ernst von Glasersfeld, Jean Piaget, Lev Vygotsky	Área:	Diseño, Filosofía, Educación, Cibernética, Psicología, Lingüística		
Concepto:	El conocimiento es distribuido a través de redes que vinculan personas con información. A nivel conceptual se conectan la experiencia con el aprendizaje y el conocimiento. El aprendizaje consiste en la habilidad de construir y desplazarse en dichas redes. Enfatiza en el contexto social y cultural del aprendizaje. Se basa en los siguientes principios: el aprendizaje y el conocimiento reposan en la diversidad			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
				<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas 	

	<p>de opiniones, el aprendizaje es un proceso de conectar nodos especializados o fuentes de información, el aprendizaje puede residir en elementos no-humanos, el aprender es más importante que el saber, el aprendizaje continuo requiere de mantener y cuidar las conexiones, percibir las conexiones entre campos, ideas y conceptos es una habilidad básica, valorar (determinar la precisión y actualidad del conocimiento) es la intención de las actividades de aprendizaje, la toma de decisiones es en sí mismo un proceso de aprendizaje, la elección de qué aprender y el significado de la información entrante es una realidad cambiante, una respuesta puede cambiar con relación al clima de la información que afecta la decisión.</p> <p>Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Connectivism</p>	<ul style="list-style-type: none"> o Estilos de aprendizaje - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos
--	--	---

Nombre:		Epistemología genética		Implicación Didáctica	
Tipo:		Concepto		Las actividades deben ser diseñadas de acuerdo al estado de desarrollo cognitivo del estudiante y los procesos que cumple para la generación de su conocimiento.	
Autor:	Jean Piaget	Área:	Psicología		
Concepto :	<p>Un humano se desarrolla cognitivamente desde su nacimiento a través de cuatro estados primarios: sensorimotor (0-2 años), preoperacional (2-7 años), operacional concreto (7-11 años) y operacional formal (11 años y siguientes). Hay tres procesos fundamentales en el aprendizaje: la asimilación (incorporación de nuevas experiencias a la estructura mental existente), la acomodación (cambio en el esquema mental) y el equilibrio. El conocimiento consiste de estructuras y su adaptación al entorno. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Genetic_epistemology</p>			<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Estado personal <ul style="list-style-type: none"> ▪ Funcionalidad intelectual ▪ Funcionalidad mental o Estilos de aprendizaje - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y 	

		objetivos
--	--	-----------

Nombre:		Zona de desarrollo proximal		Implicación Didáctica	
Tipo:		Concepto		Se hace necesario establecer el nivel de autonomía del estudiante para abarcar cada problema objeto de estudio, para tal fin resulta valioso conjugar sus niveles de competencia, con los errores y reflexiones que genera, apoyándose ya sea en el tutor o en sus compañeros.	
Autor:	Lev Vygotsky	Área:	Lingüística, Psicología		
Concepto:	Este concepto corresponde a la diferencia entre lo que el estudiante considera que puede hacer sin ayuda y lo que puede hacer con ayuda. Los estudiantes en edad temprana siguen el ejemplo de los adultos y gradualmente desarrollan la habilidad para actuar con autonomía. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Zone_of_proximal_development			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Estado personal <ul style="list-style-type: none"> ▪ Funcionalidad intelectual ▪ Funcionalidad mental o Estilos de aprendizaje - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales 					

Nombre:		Aprendizaje expansivo		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		Es necesario identificar e incentivar las habilidades meta-cognitivas del estudiante a fin que permanentemente cuestione las ideas y conceptos que ha instaurado y a partir de ello cumpla con actividades de refinamiento.	
Autor:	Ytjö Engeström	Área:	Educación		
Concepto:	Parte del principio que el aprendizaje no es estático. Los aspectos más importante en la actividad humana son la creatividad y la capacidad de superar y trascender las limitaciones e instrucciones. Proceso de aprendizaje expansivo: Análisis etnográfico de la situación actual, Análisis de contradicciones, Diseño de			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Realimentación o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Estado personal <ul style="list-style-type: none"> ▪ Funcionalidad intelectual ▪ Funcionalidad mental o Estilos de aprendizaje - Nivel de conocimiento 					

	un nuevo modelo, Revisión del nuevo modelo, Implementación del nuevo modelo, Reflexión sobre el proceso y Consolidación de la nueva práctica. Vínculo: http://lchc.ucsd.edu/MCA/Paper/Engestrom/expanding/to c.htm	<ul style="list-style-type: none"> ○ Competencias ○ Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento ○ Errores conceptuales ○ Historial de conocimiento ○ Necesidades y objetivos
--	--	--

Nombre:		Scaffolding		Implicación Didáctica	
Tipo:		Concepto		La literatura específica que el tutor debe tener en cuenta: la selección de tareas de aprendizaje, la anticipación a los errores, la aplicación de la asistencia durante las tareas de aprendizaje y la consideración de factores afectivos o emotivos.	
Autor :	Lev Vygotsky, Jerome Bruner	Área:	Lingüística, Psicología		
Concepto :	Corresponde al soporte dado durante el proceso de aprendizaje, que es ajustado a las necesidades del estudiante con la intención de ayudarlo a lograr sus objetivos. Diseñado para promover un aprendizaje en profundidad. Scaffolding parte del soporte para que inicialmente se promueva el aprendizaje de conceptos y habilidades, que pueden incluir recursos, tareas apremiantes, plantillas y guías, guías en el desarrollo de habilidades cognitivas y sociales. El soporte puede irse evitando a medida que el estudiante desarrolla la autonomía en cuanto a las estrategias de aprendizaje, promoviendo el desarrollo cognitivo, afectivo y psicomotor. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Instructional_scaffolding			<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> ○ Comportamiento ○ Errores y dificultades procedimentales ○ Realimentación ○ Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> ○ Disposiciones afectivas ○ Estado personal <ul style="list-style-type: none"> ▪ Funcionalidad intelectual ▪ Funcionalidad mental ○ Estilos de aprendizaje ○ Hábitos ○ Valores - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> ○ Competencias ○ Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento ○ Errores conceptuales ○ Historial de conocimiento ○ Necesidades y objetivos 	

Paradigma de aprendizaje/ Concepto:		Aprendizaje por descubrimiento		Implicación Didáctica
Autor:	Jerome Bruner, Jean Piaget, Seymour Papert	Área:	Lingüística, Psicología	<p>Las tareas de aprendizaje por descubrimiento pueden cubrir el rango desde la detección de patrones implícitos, hasta la elicitación de explicaciones y trabajo a través de manuales para conducir simulaciones. Un caso específico de aplicación corresponde cuando el estudiante no está provisto de una respuesta puntual sino la identificación de materiales que lo conducen a obtenerla por sí mismo. En este propósito, el estudiante debe soportarse siempre en su propia experiencia y conocimiento previo. Dentro de los métodos instruccionales aplicables está la exploración y manipulación de objetos, trabajando sobre preguntas y controversias o experimentos.</p>
Concepto:	<p>Técnica fundamentada en el aprendizaje basado en la investigación. La práctica en el descubrimiento de uno mismo enseña a adquirir información de una manera más viable en la resolución de problemas. Definido como "Aprender haciendo". Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Discovery_learning</p>			
				<p>Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Estilos de aprendizaje - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales

Nombre:	Aprendizaje significativo	Implicación Didáctica		
Tipo:	Paradigma de aprendizaje	Necesariamente las actividades y materiales instruccionales que constituyen la ruta instruccional de cada estudiante deben ligarse al		
Autor:	David Ausubel		Área:	Psicología
Concepto:	Para aprender, el nuevo conocimiento debe			

	relacionarse con conocimiento previo. En correspondencia con la teoría cognitiva, los tres procesos fundamentales del aprendizaje son: la forma en que el conocimiento se desarrolla, la forma en que el nuevo conocimiento es integrado dentro de un sistema cognitivo existente y la forma el conocimiento se vuelve automático. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Meaningful_learning	conocimiento y experiencias previas.
		Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante
		<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos

Nombre:	Inteligencias múltiples	Implicación Didáctica	
Tipo:	Paradigma de aprendizaje	Obviamente la perspectiva de las inteligencias múltiples apunta a considerar al estudiante desde todas sus perspectivas, de forma que las rutas instruccionales deben claramente corresponder a tratar el aprendizaje en cada tipificación.	
Autor:	Howard Gardner		Área:
Concepto :	Cada persona tiene diferentes formas de aprender y procesar información, pero estos métodos son relativamente independientes de los demás, dando lugar a múltiples inteligencias en lugar de un factor de inteligencia general entre habilidades correlacionadas. Las inteligencias son: lingüística, lógica-matemática, musical, corporal-cenestésica, espacial, interpersonal, interpersonal e intrapersonal. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Howard_Gardner#Multiple_intelligences	Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
		<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estado personal o Estilos de aprendizaje o Hábitos o Personalidad o Valores - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Objetivos y perspectivas personales o Preferencias personales - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos 	

		<ul style="list-style-type: none"> - Trabajo grupal <li style="padding-left: 20px;">Interacciones sociales
--	--	--

Nombre:		Mastery learning		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		Puede ser implementado como instrucción para grupos al ritmo del tutor, tutoría uno a uno o aprendizaje al propio ritmo con materiales programados. Esto puede involucrar: instrucción tutorial directa, cooperación con compañeros o aprendizaje independiente. Esto requiere objetivos bien definidos organizados en pequeñas unidades secuenciales.	
Autor:	Benjamin Bloom	Área:	Psicología		
Concepto:	Principio: todos los estudiantes pueden aprender si son provistos con las condiciones adecuadas de aprendizaje. A los estudiante se les debe ayudar a dominar cada unidad de aprendizaje antes de proceder con tareas de aprendizaje más avanzadas. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Mastery_learning			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
				<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Estilos de aprendizaje - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <li style="padding-left: 20px;">Interacciones sociales 	

Nombre:		Objetivos educativos		Implicación Didáctica	
Tipo:		Concepto		Las actividades definidas dentro de la ruta instruccional de cada estudiante deben idealmente integrar los tres dominios educativos.	
Autor:	Benjamin Bloom	Área:	Psicología		
Concepto:	Relacionado a la "Taxonomía de Bloom", referida a la clasificación de los diferentes objetivos que son fijados para los estudiantes. Los objetivos se definen en los dominios: Cognitivo, Afectivo y Psicomotor. El aprendizaje en un nivel superior depende de contar con los prerrequisitos de conocimiento y habilidades en los niveles inferiores. La conjugación de los tres dominios brinda una perspectiva holística de la educación. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Bloom%27s_taxonomy			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
				<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas 	

		<p>y físicas</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Disposiciones afectivas ○ Estado personal ○ Estilos de aprendizaje ○ Hábitos ○ Personalidad ○ Valores - Información personal <ul style="list-style-type: none"> ○ Objetivos y perspectivas personales ○ Preferencias personales - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> ○ Competencias ○ Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento ○ Errores conceptuales ○ Historial de conocimiento ○ Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> Interacciones sociales
--	--	--

Nombre:	Conductismo radical		Implicación Didáctica
Tipo:	Paradigma de aprendizaje		A nivel didáctico las implicaciones van del lado de la observación conductual del estudiante y la inserción de condicionamientos dentro de las rutas instruccionales.
Autor:	Burrhus Skinner	Área:	
Concepto:	Educación basada en las conductas observables, incluyendo: pensamientos, emociones y otras actividades mentales internas. Considera al condicionamiento operante como forma "natural" de promover el aprendizaje y la toma de decisiones particularmente. Vínculo: http://en.wikipedia.org/wiki/Radical_behaviorism		<p>Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> ○ Comportamiento ○ Errores y dificultades procedimentales ○ Realimentación ○ Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> ○ Disposiciones afectivas ○ Estado personal ○ Estilos de aprendizaje ○ Hábitos

		<ul style="list-style-type: none"> o Personalidad o Valores - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento Necesidades y objetivos
--	--	--

Nombre:		Instructivismo		Implicación Didáctica	
Tipo:		Paradigma de aprendizaje		El tutor planea cuidadosamente las rutas instrucciones, bajo sus consideraciones de relevancia y pertinencia, lo que conduce a desconocer en cierta forma la particularidad de cada estudiante.	
Autor:	La iglesia	Área:	Teología		
Concepto:	<p>Los tutores conservan el rol central del proceso educativo y transfieren su conocimiento directamente a los estudiantes a través de sus presentaciones. Se basa en las teorías conductuales. En el diseño curricular el tutor pretende: Ayudar al estudiante a entender e interactuar con el mundo y los tutores toman decisiones respecto a los contenidos y secuencias de aprendizaje para sus estudiantes. De esta manera el tutor se considera como "sabio en el escenario" en lugar de facilitador de aprendizaje. el estudiante asume la posición pasiva del proceso, absorbiendo los contenidos. Vínculo:</p> <p>http://susanlucas.com/it/ail601/instructivism.html</p>			<p>Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <p>A nivel adaptativo, esta teoría podría tener dos vistas: en la primera de ellas el tutor puede hacer un diseño instruccional ajustado a cada estudiante (según su criterio y no a la función adaptativa del sistema de aprendizaje) y en la segunda, el instructivismo es de facto contradictorio con el principio adaptativo.</p>	

1.3 Guías de Recomendación: Tipo de Adaptación

Una vez ha sido identificado y caracterizado el sistema de aprendizaje, y se ha puesto en evidencia la utilidad de la personalización centrada en el estudiante, se hace necesario identificar la manera en que dicho sistema se adaptará al estudiante. Dicho de otro modo, el sistema estructuralmente debe permitir que el comportamiento adaptativo se presente en distintos componentes. En tal propósito, resulta necesario para los diseñadores del sistema tomar en consideración los siguientes tipos de adaptación (ver figura 1.2).



Figura 1.2. Tipos de Adaptación para el Sistema de Aprendizaje.

Secuencia del Proceso No.:	3	Propósito:	Identificar y caracterizar la adaptación pretendida en el sistema de aprendizaje.
Criterios de Entrada:	Identificación del sistema de aprendizaje. Identificación de los componentes estructurales del sistema de aprendizaje.	Criterios de Salida:	Tipos de adaptación definidos para el sistema de aprendizaje.
Actividad:	Identificar y obtener las características adaptativas respecto al tipo de adaptación pretendido para el sistema de aprendizaje.		
Métricas:	Tiempo:	15 minutos	
	Producto:	Uno o múltiples tipos de adaptación a considerar en el sistema de aprendizaje. Una o múltiples consideraciones a nivel adaptativo para el sistema de aprendizaje. Una o múltiples categorías y sub-categorías del Modelo Integral de Estudiante base para el proceso adaptativo.	
	Riesgos:	El proceso podría fallar en el siguiente caso: - El equipo de diseño del sistema de aprendizaje no identifica alguno de los tipos de adaptación contenidos en la presente guía de recomendación.	

Tipo de Adaptación:	Contenido	Implicación Adaptativa
Pertenece a:	Adaptación Didáctica	La adaptación de contenido es necesaria en los sistemas de aprendizaje adaptativo, debido a que
Concepto:	Para la adaptación de contenido,	

	<p>en el sistema de aprendizaje se selecciona, genera o modifican los contenidos que se asocian al estudiante, los cuales incluyen texto, imágenes, audio, vídeo, navegación, interacción o cualquier objeto [17]. De esta manera los materiales instruccionales son sujeto de modificación entre un estudiante u otro con relación a las características particulares base de la adaptación.</p> <p>Las razones por las que se adapta el contenido obedecen a las diferencias individuales en cuanto a la generación de conocimiento y habilidades entre estudiantes (equidad y accesibilidad).</p>	<p>las características del estudiante demandan diferentes y especiales maneras en que la información contenida en los materiales de aprendizaje le es provista. Un material de aprendizaje debe ser simple, preciso y completo, lo que constituye un carácter atómico a nivel informativo, y cuando se vincula en un proceso adaptativo, puede modificar la granularidad (profundidad) temática en correspondencia con características físicas, de preferencia, necesidades, deseos, cognitivas, entre otras. A modo de ejemplificación, tres diferentes estudiantes que confluyen a identificar la biografía de Leonardo DaVinci, pueden requerir en su objetivo de estudios distintas variantes sobre la misma base de información, desde ópticas con énfasis particulares como su aporte a la medicina, producción tecnológica y producción artística. Todos ellos al término se habrán documentado al respecto y cumplido su objetivo instruccional, pero el sistema de aprendizaje pudo brindar mayor riqueza informativa a cada estudiante, dependiendo su perfil.</p>
		<p align="center">Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p>
		<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estado personal o Estilos de aprendizaje o Hábitos o Personalidad o Valores - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Objetivos y perspectivas personales o Preferencias personales - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Entorno del sistema o Tipo de información - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> o Interacciones sociales

Tipo de Adaptación:		Secuencia	Implicación Adaptativa
Pertenece a:		Adaptación Didáctica	Una secuencia de aprendizaje debe estar ajustada a las características del estudiante. Fundamentalmente corresponde a la diferencia entre el dominio de conocimiento y lo que él ya sabe (background), adicionando los conceptos desconocidos y las actividades relacionadas con el reforzamiento para los errores conceptuales que presenta. La identificación de los estilos y preferencias de aprendizaje de cada estudiante es relevante, ya que contribuyen a establecer el ritmo con el que el propio estudiante asume las actividades a desarrollar en la secuencia asignada.
Concepto:	Una secuencia ("secuencia de aprendizaje", "ruta instruccional" o "estructura instruccional") corresponde a la vinculación de actividades/ materiales de aprendizaje, que se enlazan a fin de conducir al estudiante en el proceso hacia el cumplimiento de los objetivos definidos. Se considera que la secuencia de aprendizaje es un subconjunto del dominio de aprendizaje del sistema adaptativo.		
			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante
			<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estilos de aprendizaje - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos

Tipo de Adaptación:		Evaluación	Implicación Adaptativa
Pertenece a:		Adaptación Didáctica	Respecto al sustento pedagógico y al diseño didáctico definidos, la evaluación debe corresponder a criterios como: la naturaleza de los conocimientos previos, estrategias cognitivas y meta-cognitivas, capacidades generales involucradas, metas y patrones motivacionales que persigue el estudiante, atribuciones y expectativas, alcances cognitivos, progreso y autocontrol, entre otros [18]. En este sentido el diseñador instruccional/ tutor, debe posibilitar en el sistema abarcar cada uno de los criterios especificados, que indiscutiblemente son diferenciados entre uno y otro estudiantes.
Concepto:	La evaluación de los aprendizajes es un proceso, a través del cual se observa, recoge y analiza información relevante, respecto del proceso de aprendizaje de los estudiantes, con la finalidad de reflexionar, emitir juicios de valor y tomar decisiones pertinentes y oportunas para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje [18]. La evaluación al estudiante se refiere a la identificación de su nivel de conocimiento/ habilidad/ competencia respecto a un dominio de conocimiento específico (dependiendo del nivel		
			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante
			<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento

	<p>de granularidad, puede evaluarse una actividad específica). Los tipos de evaluación son: diagnóstica (previa al proceso), formativa (durante el proceso) y sumativa (al término del proceso).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Errores y dificultades procedimentales ○ Realimentación ○ Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> ○ Disposiciones afectivas ○ Estado personal ○ Estilos de aprendizaje ○ Hábitos - Información personal <ul style="list-style-type: none"> ○ Objetivos y perspectivas personales ○ Preferencias personales - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> ○ Competencias ○ Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento ○ Errores conceptuales ○ Historial de conocimiento ○ Necesidades y objetivos - Trabajo grupal <ul style="list-style-type: none"> ○ Interacciones sociales
--	--	--

Tipo de Adaptación:		Presentación	Implicación Adaptativa
Pertenece a:	Adaptación de Interfaz		
Concepto:	<p>La presentación adaptativa se refiere al entorno del sistema percibido por el estudiante dentro del despliegue de los contenidos de aprendizaje, sustentado en las características del mismo estudiante [19]. De igual forma cubre las maneras en que los contenidos son puestos a disposición del estudiante.</p>		<p>La presentación con carácter adaptativo implica la identificación de los estados motivacionales del estudiante, el tipo de información y preferencias de uso, características del dispositivo de acceso, entre otros, a fin que la experiencia de uso alcance niveles satisfactorios, promoviendo el entorno adecuado para que las actividades instruccionales puedan cumplirse.</p> <p style="text-align: center;">Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> ○ Comportamiento ○ Errores y dificultades procedimentales - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> ○ Disposiciones afectivas ○ Estado personal ○ Estilos de aprendizaje - Información personal <ul style="list-style-type: none"> ○ Objetivos y perspectivas personales ○ Preferencias personales - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> ○ Capacidad, experticia y destreza de uso ○ Entorno del sistema ○ Historial de interacciones ○ Tipo de información

Tipo de Adaptación:		Navegación	Implicación Adaptativa
Pertenece a:	Adaptación de Interfaz		La navegación adaptativa involucra la identificación del historial del conocimiento del estudiante y las rutas sobre las cuales puede proceder alternativamente. Aspectos motivacionales pueden permitir adaptar la navegación en el sentido de promover el acceso a recursos específicos en relación con el comportamiento del estudiante. Así mismo la navegación puede adaptarse a condiciones personales como las de tipo sensorial o cenestésico.
Concepto:	Siendo la navegación un concepto ligado a los entornos web, la navegación adaptativa ha sido acuñada en diferentes sistemas de aprendizaje bajo el concepto de representar los métodos con los cuáles se posibilita al estudiante desplazarse y hacer uso de distintas acciones sobre los recursos. Con la instrumentalización de la navegación, es posible emplear representaciones con las que el estudiante puede evocar recursos ya consumidos o vigentes, al igual que posibilidades de acción respecto a su ruta instruccional [20-21].		
			Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante
			<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Comportamiento o Errores y dificultades procedimentales o Realimentación o Reflexiones sobre el proceso - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estado personal o Estilos de aprendizaje - Información personal <ul style="list-style-type: none"> o Objetivos y perspectivas personales o Preferencias personales - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Entorno del sistema o Historial de interacciones - Nivel de conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento o Errores conceptuales o Historial de conocimiento o Necesidades y objetivos

1.4 Guías de Recomendación: Elementos

La siguiente guía de recomendación brinda la información relacionada con los elementos constitutivos del Modelo Integral de Estudiante.

Secuencia del Proceso No.:	4	Propósito:	Identificar y caracterizar los elementos necesarios para el proceso adaptativo en el sistema de
----------------------------	---	------------	---

Criterios de Entrada:	Categorías y sub-categorías seleccionadas del Modelo Integral de Estudiante, producto de las guías de recomendación previas.	Criterios de Salida:	aprendizaje. Conjunto de elementos que conformarán el Modelo de Estudiante para el Sistema de Aprendizaje.
Actividad:	Caracterizar las categorías y sub-categorías del Modelo Integral de Estudiante. Definir e identificar el conjunto de elementos que conformarán el modelo de estudiante para el sistema de aprendizaje.		
Métricas:	Tiempo:	40 minutos	
	Producto:	Una o múltiples categorías y sub-categorías conceptualizadas. Múltiples elementos a considerar en el sistema de aprendizaje. Múltiples métodos/ técnicas recomendados para caracterizar los elementos del modelo de estudiante.	
	Riesgos:	El proceso podría fallar en el siguiente caso: - El equipo de diseño del sistema de aprendizaje no relaciona alguno de los elementos con las categorías identificadas en las guías de recomendación previas.	

Secuencia del Proceso No.:	4-01	Actividad: Caracterizar las categorías y sub-categorías del Modelo Integral de Estudiante.
----------------------------	------	--

Categoría:	Aspectos Didácticos
Concepto:	Permite identificar elementos relacionados con la dinámica de la aplicación pedagógica en el sistema y los avances registrados en tal sentido por el estudiante.
Sub-categorías	Concepto
Comportamiento	Información relacionada con el desempeño del estudiante en su proceso formativo, desde la perspectiva de los objetivos, tiempo y desarrollo de actividades para el alcance de logros. Reacciones del estudiante ya sea frente a su entorno o como efecto de su interacción con el diseño instruccional que el sistema le ofrece [22]. Vincula las actitudes.
Reflexión sobre el proceso	Espacio en que se consignan las impresiones con respecto al avance y el desarrollo de actividades del estudiante, fundamentado en la auto-evaluación, co-evaluación y hetero-evaluación, siendo un espacio para plasmar los sentimientos despertados, el grado de motivación inicial y final, junto con la identificación de logros.

Categoría:	Características Psicológicas y Físicas del Estudiante
Concepto:	Recopila la información que describe al estudiante en términos de sus características de personalidad y psicológicas: integrando las afectivas, emotivas, de comportamiento, capacidades, hábitos y gustos; de la misma manera esta categoría describe al estudiante según sus condiciones físicas y de lenguaje.
Sub-categorías	Concepto
Disposiciones afectivas	Conjunto de rasgos de la personalidad con que el estudiante reacciona ante diferentes situaciones. Experiencias de sentimientos y emociones.
Estado personal	Características físicas y mentales del estudiante que resultan básicas para su proceso.
Estilos de aprendizaje	Los Estilos de Aprendizaje se centran principalmente en la cognición, la personalidad y el aprendizaje del estudiante. Son preferencias y tendencias altamente individualizadas de una persona que influyen en su aprendizaje.
Personalidad	Conjunto de aspectos estables por largos periodos de tiempo e intrínsecos que describen la individualidad del estudiante. Existe una serie de factores que permiten establecer pautas para relacionar la personalidad del estudiante.

Categoría:	Información Personal
Concepto:	Categoría constituida por la información tendiente a identificar al estudiante desde su contextos social, familiar y personal.
Sub-categorías	Concepto
Demográfica	Información personal que caracteriza al estudiante.
Geográfica	Información relacionada con la locación en que el estudiante desarrolla sus actividades.
Objetivos y Perspectivas Personales	Esta sub- categoría describe la proyección de logros que pretende alcanzar el estudiante con respecto a su nivel personal, incluye sus temas de interés y objetivos individuales.
Preferencias personales	Conjunto de preferencias del estudiante con respecto a actividades, recursos o tiempos de estudio.

Categoría:	Interacción con el Sistema
Concepto:	Categoría que describe la información derivada de la interacción del estudiante con el sistema.
Sub-categorías	Concepto
Capacidad, nivel de experticia y destreza de uso	Solvencia o habilidades con que cuenta el estudiante para interactuar con el sistema, denotado por su uso previo o aplicación a actividades de cierto nivel de similitud.
Entorno del sistema	Atributos de configuración y calidad que determinan la facilidad percibida por el estudiante para usar el material que hace parte de las actividades y los enlaces en relación con la configuración del sistema. Se relacionan en esta sub-categoría las características del sistema tele-informático y ambientales que contribuyen a condiciones adecuadas de accesibilidad y uso.
Historial de interacciones	Conjunto de actividades que el estudiante ha desarrollado en el sistema para corresponder con el desarrollo instruccional.

Categoría:	Nivel de Conocimiento
Concepto:	Categoría integrada por la información relacionada con la definición del estado, preferencias, avance y necesidades de conocimiento en que se encuentra el estudiante, con respecto al dominio de conocimiento propio del sistema y de dominios conexos.

Sub-categorías	Concepto
Competencias	Conjunto de destrezas que demuestran la capacidad del estudiante para identificar, interpretar, argumentar o resolver problemas en los niveles de actitudes, cognitivo, psicomotor o social. En esta categoría se incluye el portafolio como elemento articulador de las evidencias del proceso formativo del estudiante.
Necesidades y objetivos de conocimiento	Especificación de las características perseguidas por el estudiante con respecto a su proceso y las alternativas definidas para tal fin. Busca responder a la pregunta: ¿Por qué el usuario está empleando el sistema adaptativo y actualmente qué quiere lograr?

Categoría:	Trabajo Grupal
Concepto:	Categoría que describe las relaciones del estudiante con otros, su vinculación a agrupaciones y sus interacciones en actividades grupales.
Sub-categorías	Concepto
Interacciones sociales	Identificación de las vinculaciones del estudiante con otros.

Secuencia del Proceso No.:	4-02	Actividad:	Definir e identificar el conjunto de elementos que conformarán el modelo de estudiante para el sistema de aprendizaje.
----------------------------	------	------------	--

A continuación se relacionan los elementos constitutivos del Modelo Integral del Estudiante, en orden alfabético, guiado en primer criterio por la categoría o sub-categoría.

Elemento:	Errores y dificultades procedimentales	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Aspectos didácticos
Concepto:	Relación de errores y dificultades de tipo procedimental, en los que el estudiante ha incurrido en el desarrollo de una actividad.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Evaluación diagnóstica		Inicialización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	
Información explícita		Actualización	

Elemento:	Realimentación	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Aspectos didácticos
Concepto:	Espacio en que un tutor o compañero realiza observaciones al estudiante, centradas en el desarrollo de actividades instruccionales.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	

Agentes pedagógicos	Actualización
Auto-reporte	Actualización
Cuestionario de Estrategias Motivadas para Cuestionario de Aprendizaje (Motivated Strategies for Learning Questionnaire- MSLQ)	Actualización
Información explícita	Actualización
Medidas conductuales	Actualización
Medidas fisiológicas	Actualización

Elemento:	Experiencia con el sistema	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Capacidad, nivel de experticia y destreza de uso.
Concepto:	Práctica prolongada con el sistema, valorada por el tiempo de uso.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Evaluación diagnóstica		Inicialización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	

Elemento:	Habilidad con el sistema	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Capacidad, nivel de experticia y destreza de uso.
Concepto:	Destreza en el uso del sistema, valorada por una relación entre elementos del sistema y nivel de uso.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Evaluación diagnóstica		Inicialización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	

Elemento:	Hábitos	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Características psicológicas y físicas
Concepto:	Comportamientos repetitivos del estudiante que pueden marcar tendencias en sus acciones y actitudes.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Valores	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Características psicológicas y físicas
Concepto:	Son estimados como referentes, pautas o abstracciones que orientan el comportamiento en las dimensiones personal y social; su identificación brinda rasgos para definir conductas. Los valores se clasifican en sociales, individuales, morales, reactivos (meta bajo presión externa), adaptativos (meta por conveniencia) y		

	autónomos (meta por criterio personal).	
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación
Agentes pedagógicos		Actualización
Instrumento textual		Inicialización, Actualización
Taxonomía de Bloom		Actualización

Elemento:	Portafolio	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Competencias
Concepto:	Conjunto de artefactos, auto-reflexiones y evidencias sobre el proceso de aprendizaje del estudiante		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización	

Elemento:	Relación de Competencias	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Competencias
Concepto:	Identificación de las competencias del estudiante, empleando las definiciones del estándar IMS RDCEO [23].		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Evaluación diagnóstica		Inicialización	
Taxonomía de Bloom		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Duración de la sesión	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Comportamiento
Concepto:	Tiempo total que el estudiante ha acumulado en la sesión (desde su ingreso al sistema hasta la suspensión). Se valora en los niveles: bajo, medio, alto. La definición de su valoración es un dato calculado a partir de la cantidad de sesiones y el tiempo acumulado para una misma actividad en relación con la media del grupo/ personal [22, 24].		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	

Elemento:	Metas tratadas	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Comportamiento
Concepto:	<p>A partir de los objetivos y metas trazados para la ruta instruccional, se identifica la proporción de metas que han sido abarcadas y cumplidas por parte del estudiante; tal proporción se valora en los niveles: bajo, medio, alto [24].</p> <p>La definición de su valoración entre el número de MetasTratadas y aquellas cuyo estado es "finalizado".</p>		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	

Elemento:	Participación Social	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Comportamiento
Concepto:	<p>Frecuencia de participación en las actividades de tipo social previstas dentro de la ruta instruccional del estudiante. Su verificación se realiza en los niveles: rara, esporádica, frecuente [22].</p> <p>La definición de su nivel de valoración es un dato calculado a partir del promedio de participación en actividades de tipo social a nivel personal.</p>		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	

Elemento:	Realización de Tareas	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Comportamiento
Concepto:	<p>Relación del número total de veces que el estudiante dio tratamiento a actividades definidas como "tarea" con respecto al total de asignaciones. Tal relación se valora en los niveles: bajo, medio, alto [22].</p> <p>La definición de su nivel de valoración es un dato calculado a partir de la relación entre el número de actividades del tipo "Tarea" que el estudiante ha podido registrar en el estado "finalizado", con respecto al total de materiales "Tarea" definidas en su actividad.</p>		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	

Elemento:	Resultados de Evaluación	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Comportamiento
------------------	--------------------------	--	----------------

Concepto:	Determinación de resultados obtenidos sobre diferentes materiales/ instrumentos (quices, test pre y post, etc.) aplicados dentro de las actividades instruccionales [22, 24]. El nivel de resultados se mide en la escala: bajo, medio, alto. La definición de su valoración es un dato calculado a partir del promedio de resultados para un mismo tipo de evaluación.	
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación
Agentes pedagógicos		Actualización
Analíticas de aprendizaje		Actualización
Modelos de análisis computacional		Actualización

Elemento:	Revisión de notas	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Comportamiento
Concepto:	Frecuencia que se verifica en el estudiante con respecto al uso y aprovechamiento de las notas (apuntes) tomadas en su proceso formativo. Su valoración se realiza en los niveles: rara, esporádica, frecuente [24]. La definición de su nivel de valoración es un dato calculado a partir del promedio de revisión de notas a nivel personal.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	

Elemento:	Tiempo de tratamiento de la actividad	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Comportamiento
Concepto:	Corresponde al tiempo que el estudiante ha invertido dando tratamiento a cada material perteneciente a la actividad que se está desarrollando [24]. Se valora en los niveles: bajo, medio, alto. La definición de su nivel de valoración es una relación entre la sumatoria de los tiempos invertidos por el estudiante en los materiales tratados y la sumatoria de los tiempos estimados de estudio de tales materiales.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	

Elemento:	Toma de notas	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Comportamiento
Concepto:	Frecuencia observada en relación con el registro de información relevante del desarrollo de cada actividad por parte del estudiante. Su verificación se realiza en los		

	niveles: raro, esporádico, frecuente. La definición de su nivel de valoración es una relación entre la Toma de notas en la actividad actual y el promedio de Toma de Notas que el estudiante registra en el sistema.	
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación
Agentes pedagógicos		Actualización
Analíticas de aprendizaje		Actualización
Modelos de análisis computacional		Actualización

Elemento:	Apellidos	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Información natural del estudiante como identidad personal.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Información explícita		Iniciación, Actualización	
Instrumento textual		Iniciación	

Elemento:	Clase social	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Caracterización socioeconómica del estudiante dada por su estratificación.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Información explícita		Iniciación, Actualización	
Instrumento textual		Iniciación	

Elemento:	Correo electrónico	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Correo electrónico de contacto		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Información explícita		Iniciación, Actualización	
Instrumento textual		Iniciación	

Elemento:	Estado civil	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Información natural del estudiante como ciudadano.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Información explícita		Iniciación, Actualización	
Instrumento textual		Iniciación	

Elemento:	Estatura	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Valoración corporal.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Información explícita		Iniciación, Actualización	
Instrumento textual		Iniciación	

Elemento:	Fecha de nacimiento	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Información natural del estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Información explícita		Iniciación	
Instrumento textual		Iniciación	

Elemento:	Fotografía	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Identidad gráfica del estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Información explícita		Iniciación, Actualización	

Elemento:	Género	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Información natural del estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Información explícita		Iniciación, Actualización	
Instrumento textual		Iniciación	

Elemento:	Idiomas adicionales	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Nivel de dominio en lectura, escritura y pronunciación de idiomas diferentes al nativo que el estudiante declara conocer. Relacionado con elementos del portafolio (certificaciones).		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Evaluación diagnóstica		Iniciación	
Información explícita		Iniciación, Actualización	
Instrumento textual		Iniciación	

Elemento:	Lengua madre	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Información natural del estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Iniciación	
Información explícita		Iniciación	
Instrumento textual		Iniciación	

Elemento:	Nombres	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Información natural del estudiante como identidad personal.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Información explícita		Iniciación, Actualización	
Instrumento textual		Iniciación	

Elemento:	Página web	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	URL personal		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Información explícita		Iniciación, Actualización	
Instrumento textual		Iniciación	

Elemento:	Peso	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Valoración corporal.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Información explícita		Iniciación, Actualización	
Instrumento textual		Iniciación	

Elemento:	Profesión	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Titulación profesional del estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Información explícita		Iniciación, Actualización	
Instrumento textual		Iniciación	

Elemento:	Raza	Pertenece a categoría/ sub-	Demográfica
------------------	------	------------------------------------	-------------

		categoría:	
Concepto:	Información natural del estudiante como identidad personal.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización	

Elemento:	Redes sociales	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Información de sistemas web de redes sociales a los que se encuentra vinculado el estudiante; valorado por identificador de red, nombre, identificador de usuario.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización	

Elemento:	Religión	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Información opcional de la filiación religiosa del estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización	

Elemento:	Teléfono	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Demográfica
Concepto:	Números de contacto personal y familiar del estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización	

Elemento:	Emociones	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Disposiciones afectivas
Concepto:	Reacción subjetiva al ambiente, acompañada de cambios orgánicos (fisiológicos y endocrinos) de origen innato, influida por la experiencia y que tiene la función adaptativa. Se refieren a estados internos como el deseo o la necesidad que dirige al organismo. Las categorías básicas de las emociones son: miedo, sorpresa, aversión, ira, tristeza y alegría. Valorado a partir del nivel de presencia de cada categoría [25-27].		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	

Actividad somática general	Inicialización, Actualización
Agentes pedagógicos	Actualización
Auto-reporte	Inicialización, Actualización
Comunicación directa con el estudiante	Inicialización
Conductancia cutánea	Inicialización, Actualización
Cuestionario Aproximaciones y Estudio del Inventario de Destrezas para Estudiantes (Approaches and Study Skills Inventory for Students- ASSIST)	Inicialización, Actualización
Cuestionario Aproximaciones al Inventario de Estudio (The Approaches to Study Inventory- ASI)	Inicialización, Actualización
Cuestionario de Escala Diferencial de Emociones (Differential Emotions Scale- DES)	Inicialización, Actualización
Cuestionario Medida de estilos de regulación afectiva (Measure of Affect Regulation Styles- MARS)	Inicialización, Actualización
Electroencefalografía	Inicialización, Actualización
Electromiografía	Inicialización, Actualización
Expresión acústica en la entonación de la voz	Inicialización, Actualización
Expresión facial y corporal	Inicialización, Actualización
Instrumento textual	Inicialización, Actualización
Modelos de análisis computacional	Actualización
Movimiento del mouse	Inicialización, Actualización
Realimentación biofísica	Inicialización, Actualización
Seguimiento al movimiento ocular	Inicialización, Actualización
Semántica del discurso	Inicialización, Actualización
Taxonomía de Bloom	Actualización
Teoría atribucional de la motivación y la emoción	Actualización

Elemento:	Emociones- Ansiedad	Pertenece a categoría/ sub- categoría:	Disposiciones afectivas
Concepto:	Miedo anticipado a padecer un daño o desgracia futuros, acompañada de un sentimiento de temor o de síntomas somáticos de tensión; valorado a partir de su nivel de presencia [25-26].		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Actividad somática general		Inicialización, Actualización	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Auto-reporte		Inicialización, Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Inicialización	
Conductancia cutánea		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Escala Diferencial de Emociones (Differential Emotions Scale- DES)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario Medida de estilos de regulación afectiva		Inicialización, Actualización	

(Measure of Affect Regulation Styles- MARS)	
Electroencefalografía	Inicialización, Actualización
Electromiografía	Inicialización, Actualización
Expresión acústica en la entonación de la voz	Inicialización, Actualización
Expresión facial y corporal	Inicialización, Actualización
Instrumento textual	Inicialización, Actualización
Modelos de análisis computacional	Actualización
Movimiento del mouse	Inicialización, Actualización
Realimentación biofísica	Inicialización, Actualización
Seguimiento al movimiento ocular	Inicialización, Actualización
Semántica del discurso	Inicialización, Actualización
Taxonomía de Bloom	Actualización
Teoría atribucional de la motivación y la emoción	Actualización

Elemento:	Emociones- Orgullo	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Disposiciones afectivas
Concepto:	Alto concepto personal que deriva en confianza propia para el logro de resultados. El orgullo puede tener niveles como el reconocimiento de las capacidades, la confianza, la soberbia. Valorado por la identificación de los niveles de orgullo en el estudiante [25].		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Actividad somática general		Inicialización, Actualización	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Auto-reporte		Inicialización, Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Inicialización	
Conductancia cutánea		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Escala Diferencial de Emociones (Differential Emotions Scale- DES)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario Medida de estilos de regulación afectiva (Measure of Affect Regulation Styles- MARS)		Inicialización, Actualización	
Electroencefalografía		Inicialización, Actualización	
Electromiografía		Inicialización, Actualización	
Expresión acústica en la entonación de la voz		Inicialización, Actualización	
Expresión facial y corporal		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	
Realimentación biofísica		Inicialización, Actualización	
Seguimiento al movimiento ocular		Inicialización, Actualización	
Semántica del discurso		Inicialización, Actualización	
Taxonomía de Bloom		Actualización	
Teoría atribucional de la motivación y la emoción		Actualización	

Elemento:	Emociones-Satisfacción	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Disposiciones afectivas
Concepto:	Conjunto de elementos en los que se considera a nivel individual que se han suplido o alcanzado su armonía [25]. Valorado a partir de tales elementos.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Actividad somática general		Iniciación, Actualización	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Conductancia cutánea		Iniciación, Actualización	
Cuestionario de Escala Diferencial de Emociones (Differential Emotions Scale- DES)		Iniciación, Actualización	
Cuestionario Medida de estilos de regulación afectiva (Measure of Affect Regulation Styles- MARS)		Iniciación, Actualización	
Electroencefalografía		Iniciación, Actualización	
Electromiografía		Iniciación, Actualización	
Expresión acústica en la entonación de la voz		Iniciación, Actualización	
Expresión facial y corporal		Iniciación, Actualización	
Instrumento textual		Iniciación, Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	
Movimiento del mouse		Iniciación, Actualización	
Realimentación biofísica		Iniciación, Actualización	
Seguimiento al movimiento ocular		Iniciación, Actualización	
Semántica del discurso		Iniciación, Actualización	
Taxonomía de Bloom		Actualización	
Teoría atribucional de la motivación y la emoción		Actualización	

Elemento:	Interés	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Disposiciones afectivas
Concepto:	Referencia a la afinidad o tendencia de una persona hacia otro sujeto, cosa o situación [25]. Valorado por la identificación de los tipos de interés del estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Iniciación	
Instrumento textual		Iniciación, Actualización	
Modelo ARCS		Iniciación, Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	
Patrones de comportamiento		Actualización	
Taxonomía de Bloom		Actualización	
Teoría atribucional de la motivación y la emoción		Actualización	

Elemento:	Motivación	Pertenece a categoría/ sub-	Disposiciones afectivas
------------------	------------	------------------------------------	-------------------------

	categoría:	
Concepto:	Conjunto de motivos que intervienen en un acto electivo, según su origen los motivos pueden ser de carácter fisiológico e innatos (hambre, sueño) o sociales; estos últimos se adquieren durante la socialización, formándose en función de las relaciones interpersonales, los valores, las normas y las instituciones sociales. Valorado a partir del nivel de presencia de cada categoría (personal y social). La motivación es apoyada por los siguientes estados afectivos: confianza, confusión, esfuerzo, independencia y proclividad [25-26].	
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación
Agentes pedagógicos		Actualización
Auto-reporte		Inicialización, Actualización
Comunicación directa con el estudiante		Inicialización
Cuestionario Aproximaciones al Inventario de Estudio (The Approaches to Study Inventory- ASI)		Inicialización, Actualización
Cuestionario de Actitud del Estudiante (Student Attitude Questionnaire- SQA)		Inicialización, Actualización
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Styles Inventory LSI)- Dunn y Dunn		Inicialización, Actualización
Cuestionario de Estrategias Motivadas para Cuestionario de Aprendizaje (Motivated Strategies for Learning Questionnaire- MSLQ)		Actualización
Instrumento textual		Inicialización, Actualización
Medidas conductuales		Inicialización, Actualización
Medidas fisiológicas		Inicialización, Actualización
Modelo ARCS		Inicialización, Actualización
Modelos de análisis computacional		Actualización
Patrones de comportamiento		Actualización
Taxonomía de Bloom		Actualización
Teoría atribucional de la motivación y la emoción		Actualización
Tiempo de respuesta del esfuerzo (Response Time Effort-RTE)		Actualización

Elemento:	Motivación-Confianza	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Disposiciones afectivas
Concepto:	Creencia que estima que la persona será capaz de actuar de cierta manera frente a una determinada situación. En el nivel personal, la confianza es un componente importante de la sensación de saber, ya que reflejan el grado de certeza sobre la veracidad de la propia actuación al hacer una tarea, reflejando rasgos de autocontrol, aprendizaje, autorregulación y toma de decisiones [28]. La identificación de un alto nivel de confianza en el compañero (confianza social) es un indicador de conocimiento con el que puede predecir sus acciones y comportamientos, simplificando las relaciones sociales. Se considera que en lo que se refiere a la		

	<p>confianza se pueden dividir las personas en dos grupos, las normativas y las humanistas. Las normativas suelen pensar que sus semejantes son peligrosos, prefieren no expresar sus sentimientos y tienden a estar siempre alertas y a la defensiva. Las personas humanistas en cambio, creen en la honestidad de la gente, son más positivas en sus vidas, expresan sus emociones con más libertad y se pueden poner en el lugar del otro atribuyéndoles buenas cualidades e intenciones. Los científicos están de acuerdo en afirmar que estas características son muy estables en el tiempo y que son tanto propias del sujeto como adquiridas con la experiencia [25-26]. Valorado a partir del nivel de presencia de cada categoría.</p>	
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo	Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos	Actualización	
Comunicación directa con el estudiante	Inicialización	
Cuestionario de Estrategias Motivadas para Cuestionario de Aprendizaje (Motivated Strategies for Learning Questionnaire- MSLQ)	Actualización	
Instrumento textual	Inicialización, Actualización	
Modelo ARCS	Inicialización, Actualización	
Modelos de análisis computacional	Actualización	
Patrones de comportamiento	Actualización	
Taxonomía de Bloom	Actualización	
Teoría atribucional de la motivación y la emoción	Actualización	
Tiempo de respuesta del esfuerzo (Response Time Effort-RTE)	Actualización	

Elemento:	Motivación-Confusión	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Disposiciones afectivas
Concepto:	<p>Corresponde a un desequilibrio cognitivo en cuanto a la comprensión del proceso de aprendizaje, lo que genera perturbación e incertidumbre, requiriendo aclaraciones o información adicional. Se estima dos tipos de estudiantes confusos por sus actuaciones: gamers (estudiantes que responden y actúan con ligereza, más por reacción de brindar cualquier respuesta) y stuck (estudiantes que responden baja cantidad de preguntas y presentan menos acciones de las requeridas) [25-26]. Valorado a partir del nivel en que se presenta cada tipificación.</p>		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo	Fase de aplicación		
Agentes pedagógicos	Actualización		
Comunicación directa con el estudiante	Inicialización		
Cuestionario de Estrategias Motivadas para Cuestionario de Aprendizaje (Motivated Strategies for Learning Questionnaire- MSLQ)	Actualización		
Instrumento textual	Inicialización, Actualización		
Modelo ARCS	Inicialización, Actualización		
Modelos de análisis computacional	Actualización		

Patrones de comportamiento	Actualización
Taxonomía de Bloom	Actualización
Teoría atribucional de la motivación y la emoción	Actualización
Tiempo de respuesta del esfuerzo (Response Time Effort-RTE)	Actualización

Elemento:	Motivación-Esfuerzo	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Disposiciones afectivas
Concepto:	Característica con que se mantiene el ánimo para conseguir o perseverar por un logro [25-26]. Valorado por la identificación del nivel de esfuerzo.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Inicialización	
Cuestionario de Estrategias Motivadas para Cuestionario de Aprendizaje (Motivated Strategies for Learning Questionnaire- MSLQ)		Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	
Modelo ARCS		Inicialización, Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	
Patrones de comportamiento		Actualización	
Taxonomía de Bloom		Actualización	
Teoría atribucional de la motivación y la emoción		Actualización	
Tiempo de respuesta del esfuerzo (Response Time Effort-RTE)		Actualización	

Elemento:	Motivación-Independencia	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Disposiciones afectivas
Concepto:	Entendida como la autonomía con la que el estudiante exhibe intencionalmente diligencia para dar tratamiento a sus actividades de aprendizaje. La independencia es determinada a partir del nivel de planificación, organización, seguimiento y evaluación de las actividades [25-26]. Valorada a partir del nivel que presenta cada uno de estos factores.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Inicialización	
Cuestionario de Estrategias Motivadas para Cuestionario de Aprendizaje (Motivated Strategies for Learning Questionnaire- MSLQ)		Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	
Modelo ARCS		Inicialización, Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	
Patrones de comportamiento		Actualización	

Taxonomía de Bloom	Actualización
Teoría atribucional de la motivación y la emoción	Actualización
Tiempo de respuesta del esfuerzo (Response Time Effort-RTE)	Actualización

Elemento:	Motivación-Proclividad	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Disposiciones afectivas
Concepto:	Propensión o inclinación hacia determinado comportamiento o acción [25]. Valorado por su nivel.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Iniciación	
Cuestionario de Estrategias Motivadas para Cuestionario de Aprendizaje (Motivated Strategies for Learning Questionnaire- MSLQ)		Actualización	
Instrumento textual		Iniciación, Actualización	
Modelo ARCS		Iniciación, Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	
Patrones de comportamiento		Actualización	
Taxonomía de Bloom		Actualización	
Teoría atribucional de la motivación y la emoción		Actualización	
Tiempo de respuesta del esfuerzo (Response Time Effort-RTE)		Actualización	

Elemento:	Características ambientales	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Entorno del sistema
Concepto:	Condiciones del entorno en que el estudiante cumple su interacción con el sistema; valorado por niveles de ruido, temperatura, humedad, confort, ergonomía entre otros.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Auto-reporte		Iniciación, Actualización	
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Styles Inventory LSI)- Dunn y Dunn		Iniciación, Actualización	
Información explícita		Iniciación	
Instrumento textual		Iniciación, Actualización	
Modelos de contexto		Iniciación, Actualización	
Sensores ambientales		Iniciación, Actualización	

Elemento:	Características telemáticas de acceso	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Entorno del sistema
------------------	---------------------------------------	--	---------------------

Concepto:	Características técnicas con que el estudiante accede al sistema; valorado por configuración del dispositivo (procesador, video, memoria, almacenamiento, cámara, sonido entre otros), ancho de banda, calidad de conexión.	
	Métodos/ Técnicas para caracterizarlo	Fase de aplicación
	Analíticas de aprendizaje	Actualización
	Auto-reporte	Inicialización, Actualización
	Información explícita	Inicialización
	Instrumento textual	Inicialización, Actualización
	Modelos de contexto	Inicialización, Actualización

Elemento:	Preferencias de acceso	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Entorno del sistema
Concepto:	Conjunto de preferencias del estudiante con respecto a la apariencia del sistema, dispositivos de acceso, horarios de uso, entre otros.		
	Métodos/ Técnicas para caracterizarlo	Fase de aplicación	
	Analíticas de aprendizaje	Actualización	
	Auto-reporte	Inicialización, Actualización	
	Información explícita	Inicialización	
	Instrumento textual	Inicialización, Actualización	
	Modelos de análisis computacional	Inicialización, Actualización	

Elemento:	Funcionalidad física	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Estado personal
Concepto:	Caracterización de afectaciones y funcionalidad a nivel físico en el estudiante. En este elemento también se relacionan potencialidades físicas, condiciones destacadas de salud y estilo de vida. Valorado a partir de la información presente en el estudiante.		
	Métodos/ Técnicas para caracterizarlo	Fase de aplicación	
	Información explícita	Inicialización, Actualización	
	Realimentación biofísica	Inicialización, Actualización	
	Taxonomía de Bloom	Inicialización, Actualización	
	Test de habilidades sensoriales y motoras	Inicialización, Actualización	

Elemento:	Funcionalidad intelectual	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Estado personal
Concepto:	Se caracteriza por el nivel de las funciones mentales superiores (inteligencia, lenguaje, aprendizaje, entre otros), así como de las funciones motoras. Este aspecto abarca toda una serie de enfermedades y trastornos como el retraso mental, síndrome de Down y parálisis cerebral. Valorado a partir de la información presente en el estudiante.		
	Métodos/ Técnicas para caracterizarlo	Fase de aplicación	
	Cuestionario Aproximaciones y Estudio del Inventario de Destrezas para Estudiantes (Approaches and Study Skills)	Inicialización, Actualización	

Inventory for Students- ASSIST)	
Cuestionario Aproximaciones al Inventario de Estudio (The Approaches to Study Inventory- ASI)	Inicialización, Actualización
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Styles Inventory LSI)- Dunn y Dunn	Inicialización, Actualización
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Inventory- LSI)- Kolb	Inicialización, Actualización
Taxonomía de Bloom	Actualización
Test de grupo de figuras incrustadas (The group embedded figures test- GEFT)	Inicialización, Actualización
Test de habilidades sensoriales y motoras	Inicialización, Actualización

Elemento:	Funcionalidad mental	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Estado personal
Concepto:	Las personas sufren alteraciones neurológicas y trastornos cerebrales. Valorado a partir de la información presente en el estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Electroencefalografía		Inicialización, Actualización	
Test de grupo de figuras incrustadas (The group embedded figures test- GEFT)		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Funcionalidad sensorial	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Estado personal
Concepto:	Comprende deficiencias y funcionalidades visuales, auditivas, olfativas, de lenguaje y comunicación. Valorado a partir de la información presente en el estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Styles Inventory LSI)- Dunn y Dunn		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización	
Instrumento audible		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	
Instrumento verbal		Inicialización, Actualización	
Test de habilidades sensoriales y motoras		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Estilos de aprendizaje	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Estilos de aprendizaje
Concepto:	Refieren a los rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos que apoyan el proceso de aprendizaje		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Cuestionario Aproximaciones y Estudio del Inventario de Destrezas para Estudiantes (Approaches and Study Skills Inventory for Students- ASSIST)		Inicialización, Actualización	

Cuestionario Aproximaciones al Inventario de Estudio (The Approaches to Study Inventory- ASI)	Inicialización, Actualización
Cuestionario CHAEA	Inicialización, Actualización
Cuestionario de Análisis de Estilos Cognitivos (Cognitive Styles Analysis- CSA)- Riding	Inicialización, Actualización
Cuestionario de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Questionnaire-LSQ)	Inicialización, Actualización
Cuestionario de Índice de Estilo Cognitivo (The Cognitive Style Index- CSI)	Inicialización, Actualización
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Styles Inventory LSI)- Dunn y Dunn	Inicialización, Actualización
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Inventory- LSI)- Kolb	Inicialización, Actualización
Cuestionario Índice de Estilos de Aprendizaje (Index of Learning Styles-ILS)	Inicialización, Actualización
Cuestionario VARK	Inicialización, Actualización
Instrumento textual	Inicialización, Actualización
Modelos de análisis computacional	Actualización
Patrones de comportamiento	Actualización

Elemento:	Estrategias de aprendizaje	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Estilos de aprendizaje
Concepto:	Las estrategias de aprendizaje son conductas o pensamientos que facilitan el aprendizaje, van desde habilidades de estudio, hasta los procesos de pensamiento más complejo como el uso de analogías para relacionar el conocimiento previo con la nueva información. Se refieren al uso de diferentes estrategias para la selección, adquisición e integración de nueva información con el conocimiento previo del estudiante. Dentro de las estrategias de aprendizaje se incluyen: formulación de hipótesis, coordinación de fuentes informativas, inferencias mnemotécnicas, dibujo, resumir, búsqueda dirigida a objetivos, selección de nuevas fuentes de información, búsqueda libre, re-lectura, toma de notas, elaboración de conocimiento, encontrar la ubicación en el entorno, memorización, lectura de notas y la lectura de nuevo párrafo [28].		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Estrategias Motivadas para Cuestionario de Aprendizaje (Motivated Strategies for Learning Questionnaire- MSLQ)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Inventory- LSI)- Kolb		Inicialización, Actualización	

Cuestionario VARK	Inicialización, Actualización
Información explícita	Inicialización, Actualización
Instrumento textual	Inicialización, Actualización
Patrones de comportamiento	Actualización

Elemento:	Preferencias de aprendizaje	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Estilos de aprendizaje
Concepto:	Definen las maneras adecuadas para aplicar los estilos de aprendizaje. Corresponden a preferencias personales para favorecer un tipo de entorno de aprendizaje, métodos de aprendizaje o de instrucción.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Inicialización, Actualización	
Cuestionario CHAEA		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Questionnaire-LSQ)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Índice de Estilo Cognitivo (The Cognitive Style Index- CSI)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Inventory- LSI)- Kolb		Inicialización, Actualización	
Cuestionario Índice de Estilos de Aprendizaje (Index of Learning Styles-ILS)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario Instrumento de Dominancia Cerebral Hermann (Herrmann Brain Dominance Instrument- HBDI)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario VARK		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	
Patrones de comportamiento		Actualización	

Elemento:	Clima	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Geográfica
Concepto:	Condiciones ambientales que describen la relación de temperatura y humedad para la locación del estudiante; valorado por la identificación de la existencia o no de estaciones adicionalmente.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización	
Modelo de Contexto		Inicialización, Actualización	
Sensores ambientales		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Dirección	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Geográfica
------------------	-----------	--	------------

		categoría:	
Concepto:	Información del domicilio del estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización	

Elemento:	Municipio	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Geográfica
Concepto:	Información del municipio de residencia habitual.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización	

Elemento:	Nacionalidad	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Geográfica
Concepto:	Información natural del estudiante como ciudadano.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización	

Elemento:	Tipo de residencia	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Geográfica
Concepto:	Caracterización del sector de residencia; valorado como rural o urbano.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Región	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Geográfica
Concepto:	Información de la región en que habita el estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Conjunto de interacciones	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Historial de interacciones
Concepto:	Relación de actuaciones del estudiante con el sistema; valorado por medio de fecha de alta, registros de entrada, registros de salida, estado de usuario.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	

Elemento:	Recursos procesados por el estudiante	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Historial de interacciones
Concepto:	Relación de recursos del sistema que han sido tratados por el estudiante; valorado con el nombre del recurso, fecha- hora- duración de acceso y uso, nivel de avance dentro del recurso.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	

Elemento:	Rutas instruccionales eliminadas	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Historial de interacciones
Concepto:	Relación de las rutas instruccionales de las que el estudiante ha desistido dentro del sistema; valorado por una relación entre identificador de la ruta, nodos vinculados e identificadores de recursos vinculados.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	

Elemento:	Rutas instruccionales recorridas	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Historial de interacciones
Concepto:	Relación de las rutas instruccionales que el estudiante ha cursado dentro del sistema; valorado por una relación entre identificador de la ruta, nodos vinculados e identificadores de recursos vinculados.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	

Elemento:	Observaciones sobre el estudiante	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Información personal
Concepto:	Conjunto de observaciones que es posible generar tanto por el sistema, estudiante o un tutor con respecto al mismo estudiante. Generalmente ligado a las actividades tratadas.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Tipo de información	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Interacción con el sistema
Concepto:	Disposición de la información que será desplegada por el sistema, según los tipos visual, textual, audible, gráfica, numérica, gestual (para el caso de emociones) entre otros, y que dará soporte al proceso de despliegue de materiales y actividades dentro de la instrucción.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Información explícita		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Expectativas cognitivas	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Necesidades y objetivos de conocimiento
Concepto:	Definición de las metas de conocimiento que el estudiante tiene frente al dominio de conocimiento, incluye la priorización de conceptos.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Auto-reporte		Inicialización, Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	
Seguimiento al conocimiento- Knowledge tracking		Actualización	

Elemento:	Necesidades actuales	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Necesidades y Objetivos de Conocimiento
Concepto:	Identificación por parte del estudiante de requerimientos por cumplir o reforzar para dar tratamiento a la ruta instruccional; vincula conceptos y sus respectivas rutas instruccionales.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Auto-reporte		Inicialización, Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	
Seguimiento al conocimiento- Knowledge tracking		Actualización	

Elemento:	Rutas instruccionales	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Necesidades y Objetivos de Conocimiento
Concepto:	Corresponde a los planes formativos que es posible definir según las expectativas y dominio de conocimiento a tratar.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	

Modelos de análisis computacional	Actualización
Seguimiento al conocimiento- Knowledge tracking	Actualización

Elemento:	Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Nivel de conocimiento
Concepto:	En la medida en que el estudiante desarrolle las actividades del sistema con respecto al dominio de conocimiento, se van evidenciando conceptos que él etiquete como desconocidos, sobre los cuales es preciso explicar o profundizar con actividades alternas.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Auto-reporte		Inicialización, Actualización	
Evaluación diagnóstica		Inicialización, Actualización	
Modelos de análisis computacional		Inicialización, Actualización	
Seguimiento al conocimiento- Knowledge tracking		Actualización	

Elemento:	Errores conceptuales	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Nivel de conocimiento
Concepto:	Conjunto de conceptos erróneos del estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Auto-reporte		Actualización	
Evaluación diagnóstica		Inicialización, Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	
Seguimiento al conocimiento- Knowledge tracking		Actualización	

Elemento:	Historial de conocimiento	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Nivel de conocimiento
Concepto:	Relación de los diferentes conceptos y dominios de conocimiento en los que el estudiante ha desarrollado actividades instruccionales y se dan por aprendidos y aprobados, derivando su competencia. Incluye la identificación de estados destacados de aprendizaje, como el nivel inicial. El nivel de progreso se asocia a la Ganancia de aprendizaje (learning gains). Puede ser referido como un valor escalar o un valor cualitativo.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	

Seguimiento al conocimiento- Knowledge tracking	Actualización
---	---------------

Elemento:	Deseos	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Objetivos y Perspectivas Personales
Concepto:	Inclinación marcada que posee el estudiante hacia temas particulares, que lo motivan a su mayor conocimiento, consecución y disfrute; incluye aspiraciones, anhelos y caprichos. Valorada por la identificación del tema.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Auto-reporte		Inicialización, Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Actitud del Estudiante (Student Attitude Questionnaire- SQA)		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Objetivos	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Objetivos y Perspectivas Personales
Concepto:	Identificación de logros personales para la vida del estudiante; incluye los propósitos. Sinónimo: metas. Las metas son cambiantes en el tiempo. Valorado por su definición.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Comunicación directa con el estudiante		Inicialización, Actualización	
Cuestionario Aproximaciones y Estudio del Inventario de Destrezas para Estudiantes (Approaches and Study Skills Inventory for Students- ASSIST)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Perfil de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Profile- LSP)- Juch		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Gustos	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Personalidad
Concepto:	Voluntad propia para desarrollar actividades o preferir ciertos elementos. Valorado por la identificación de gustos [29-30].		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Cuestionario de Indicador de Tipo (Myers-Briggs Type Indicator- MBTI)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario Internacional de la Personalidad (International Personality Item Pool- IPIP)		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	

Instrumento textual	Inicialización, Actualización
---------------------	-------------------------------

Elemento:	Factores de Personalidad	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Personalidad
Concepto:	Se incluyen los siguientes factores: Extroversión/ Introversión, Agradable / Antagonista, Conciencioso/ Desorganizado, Neurótico/ emocionalmente estable, Abierto/ Cerrado [29-30].		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Actitud del Estudiante (Student Attitude Questionnaire- SQA)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Indicador de Tipo (Myers-Briggs Type Indicator- MBTI)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario Internacional de la Personalidad (International Personality Item Pool- IPIP)		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	
Modelo ARCS		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Logro	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Personalidad
Concepto:	Disposición personal a mantener la tenacidad frente a diversos retos. Valorado a partir de su nivel [29-30].		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Cuestionario de Actitud del Estudiante (Student Attitude Questionnaire- SQA)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Indicador de Tipo (Myers-Briggs Type Indicator- MBTI)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario Internacional de la Personalidad (International Personality Item Pool- IPIP)		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	
Modelo ARCS		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Sentido del progreso	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Personalidad
Concepto:	Apreciación y gusto por el cambio de condiciones para alcanzar unas más favorables [29-30]. Valorado a partir de la determinación de su nivel.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	

Agentes pedagógicos	Actualización
Cuestionario de Indicador de Tipo (Myers-Briggs Type Indicator- MBTI)	Inicialización, Actualización
Cuestionario Internacional de la Personalidad (International Personality Item Pool- IPIP)	Inicialización, Actualización
Información explícita	Inicialización, Actualización
Instrumento textual	Inicialización, Actualización
Modelo ARCS	Inicialización, Actualización

Elemento:	Tolerancia	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Personalidad
Concepto:	Condición de respeto a las demás personas en su entorno, es decir en su forma de pensar, de ver las cosas, de sentir y es también saber discernir en forma cordial en lo que uno no está de acuerdo [29-30]. Valorado por la identificación del nivel de tolerancia del estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Cuestionario de Actitud del Estudiante (Student Attitude Questionnaire- SQA)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Indicador de Tipo (Myers-Briggs Type Indicator- MBTI)		Inicialización, Actualización	
Cuestionario Internacional de la Personalidad (International Personality Item Pool- IPIP)		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	
Modelo ARCS		Inicialización, Actualización	

Elemento:	Preferencia de actividades grupales	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Preferencias personales
Concepto:	Nivel de proclividad hacia el trabajo grupal.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Auto-reporte		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Ambigüedad y conflicto de rol		Inicialización, Actualización	
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (LSI)-Dunn y Dunn		Inicialización, Actualización	
Cuestionario Instrumento de Dominancia Cerebral Hermann (Herrmann Brain Dominance Instrument- HBDI)		Inicialización, Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	

Instrumento textual	Inicialización, Actualización
---------------------	-------------------------------

Elemento:	Preferencia de estudios	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Preferencias personales
Concepto:	Predilección de características de estudio; valorada por medio de predilección en cuanto a horarios de estudio, duración, metodología, entre otros.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Auto-reporte		Inicialización, Actualización	
Cuestionario Instrumento de Dominancia Cerebral Hermann (Herrmann Brain Dominance Instrument- HBDI)		Inicialización, Actualización	
Información explícita		Inicialización, Actualización	
Instrumento textual		Inicialización, Actualización	
Modelos de análisis computacional		Actualización	

Elemento:	Auto-evaluación	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Reflexión sobre el proceso
Concepto:	Reflexiones que valoran individualmente las actividades y procesos desarrollados.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Auto-reporte		Actualización	
Información explícita		Actualización	
Instrumento textual		Actualización	

Elemento:	Co- evaluación	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Reflexión sobre el proceso
Concepto:	Reflexión que realiza un par del estudiante sobre su proceso.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Actualización	
Información explícita		Actualización	
Instrumento textual		Actualización	

Elemento:	Hetero-evaluación	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Reflexión sobre el proceso
Concepto:	Reflexión que realiza un tutor sobre el proceso del estudiante.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Comunicación directa con el estudiante		Actualización	
Información explícita		Actualización	
Instrumento textual		Actualización	

Elemento:	Grupos	Pertenece a categoría/ sub-categoría:	Trabajo grupal
Concepto:	Información de los grupos a los cuales se ha vinculado el estudiante en el desarrollo de su actividad instruccional. Se complementa con elementos como identificador de grupo, características del grupo, roles cumplidos y fecha de trabajo grupal.		
Métodos/ Técnicas para caracterizarlo		Fase de aplicación	
Agentes pedagógicos		Actualización	
Analíticas de aprendizaje		Actualización	
Información explícita		Actualización	

1.5 Guías de Recomendación: Métodos y Técnicas de Caracterización

La guía de recomendación de Métodos y Técnicas para la caracterización relaciona los procedimientos tendientes a poblar los elementos seleccionados para el modelo de estudiante.

Secuencia del Proceso No.:	5	Propósito:	Contextualizar los métodos y técnicas útiles para caracterizar los elementos de soporte para el proceso adaptativo en el sistema de aprendizaje.
Criterios de Entrada:	Elementos seleccionados del Modelo Integral de Estudiante.	Criterios de Salida:	Contexto de los métodos y técnicas sugeridos para la caracterización de elementos.
Actividad:	Conceptualizar los métodos y técnicas empleados para caracterizar los elementos del Modelo Integral de Estudiante.		
Métricas:	Tiempo:	20 minutos	
	Producto:	Uno o múltiples métodos o técnicas conceptualizados, en correspondencia con los elementos seleccionados para el modelo de estudiante.	
	Riesgos:	No determinado	

Método/ Técnica	Concepto
Actividad somática general	Técnica fundamentada en la inspección corporal del estudiante y particularmente el estado desde los órganos hasta la operación en conjunto [31]. Técnica semi- intrusiva.
Agentes pedagógicos	Aplicación diseñada a complementar la acción tutorial en el sistema de aprendizaje [32]. Generalmente hace el seguimiento de ciertas actividades en el estudiante y ejecuta procesos alternativos de respuesta automática o semi- automática por medio de comunicaciones que varían entre verbales y no- verbales.
Analíticas de aprendizaje	Comprende un extenso y multidisciplinario campo que vincula técnicas de machine learning, inteligencia artificial, recuperación de información, estadística y visualización con el objetivo de tratar los conjuntos de datos derivados del proceso de aprendizaje. El estudiante en su interacción con el sistema de aprendizaje permite evidenciar distintas acciones que el sistema puede almacenar y a partir de ella analizar a fin de obtener información enriquecida para propósitos particulares, haciendo uso de un ciclo iterativo que comprende: Recolección y pre-procesamiento de los datos, Análisis y acción y Post- procesamiento [33].
Auto-reporte	Técnica en la que el estudiante brinda las especificaciones de su condición o estado particular ya sea a nivel de sus actitudes, sustento de sus acciones o cualquier información, no necesariamente en los momentos que el sistema explícitamente la solicite [27, 31, 34].
Comunicación directa con el estudiante	Corresponde a la relación natural del tutor dentro del proceso formativo. Como técnica tiene mucha relevancia, en cuanto muestra al estudiante el apoyo y acompañamiento y simultáneamente permite inspeccionar elementos relevantes como la actitud, interés, compromiso y en general diferentes variables relacionadas al estado motivacional, al igual que los niveles de logro [34].
Conductancia cutánea	Técnica intrusiva que pretende determinar el nivel de conducción eléctrica a nivel de la piel del estudiante [31]. La conductancia de la piel varía por la humedad presente, a su vez, las glándulas sudoríparas son controladas por el sistema nervioso simpático, de manera que este hecho puede indicar la excitación psicológica o fisiológica. A mayor excitación, mayor conductancia en la piel. También denominada Respuesta cutánea galvánica.
Cuestionario Aproximaciones y Estudio del Inventario de Destrezas para Estudiantes (Approaches and Study Skills Inventory for	Instrumento ampliamente usado en el estudio de las aproximaciones al aprendizaje. Incluye las dimensiones Profundo, Estratégico y Superficial [35].

Students- ASSIST)	
Cuestionario Aproximaciones al Inventario de Estudio (The Approaches to Study Inventory- ASI)	Instrumento de 52 ítems diseñado para medir las dimensiones Profundo, Estratégico y superficial del aprendizaje [36].
Cuestionario CHAEA	Instrumento de estilos de aprendizaje que incluye 80 ítems, tratando 18 variables. Especifica cuatro posibles estilos: activo, pragmático, teórico y reflexivo [37].
Cuestionario de Actitud del Estudiante (Student Attitude Questionnaire- SQA)	Constituye un conjunto de cuestionarios que pretenden establecer la actitud del estudiante respecto a sus actividades de aprendizaje, en diferentes áreas del conocimiento (y la ciencia particularmente) [38-41].
Cuestionario de Ambigüedad y conflicto de rol	Instrumento que mide el conflicto de rol y la ambigüedad para determinar el comportamiento en el esquema organizativo y de gestión, con variables como ansiedad, satisfacción y propensión al abandono del grupo [42-43].
Cuestionario de Análisis de Estilos Cognitivos (Cognitive Styles Analysis- CSA)- Riding	Instrumento que agrupa los estilos cognitivos así: "Wholistic"- Analítico y Verbal- Imaginario. Así las dimensiones de los estilos cognitivos son muy fundamentales porque se desarrollan en la vida temprana y se preservan, afectando el comportamiento social, toma de decisiones y el aprendizaje [44].
Cuestionario de Escala Diferencial de Emociones (Differential Emotions Scale- DES)	Es un instrumento estandarizado que divide la descripción de las experiencias emotivas validadas en categorías discretas. Procedimentalmente, el instrumento anima a su usuario a considerar la experiencia describiéndola y especificando la frecuencia con la que la percibió; para tal fin emplea una lista de 30 adjetivos con tres de ellos por cada una de las emociones básicas (alegría, sorpresa, ira, asco, desprecio, vergüenza, culpa, miedo, interés y tristeza) [45].
Cuestionario de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Questionnaire-LSQ)	Instrumento diseñado para determinar el estilo de aprendizaje preferido tipificando entre: Teórico, Pragmático, Activista y Reflexivo [46].
Cuestionario de Estrategias Motivadas para Aprendizaje (Motivated Strategies for Learning Questionnaire- MSLQ)	Este cuestionario es un instrumento empleado para reportar las creencias motivacionales y compromisos cognitivos de un estudiante para un curso en particular. Mide los tipos de estrategias de aprendizaje y motivación académica. Este instrumento cuenta con validación, confiabilidad y consistencia interna [47-48].
Cuestionario de Indicador de Tipo (Myers-Briggs Type Indicator- MBTI)	Instrumento que trata aspectos de la personalidad, bajo el precepto que mucha variación del comportamiento aparentemente aleatoria, es bastante ordenada y coherente, correspondiendo a diferencias básicas en las formas en que las personas prefieren usar su percepción y juicio.

	Si las personas difieren en sus percepciones y juicios, entonces es razonable que difieran en sus intereses, reacciones, valores, motivaciones y habilidades. Se definen 16 tipos de personalidad, resultantes de la interacción entre preferencias: Extroversión/ Introversión, Sensado/ Intuición, pensamiento/ Sentimientos, Juicio/ Percepción [49].
Cuestionario de Índice de Estilo Cognitivo (The Cognitive Style Index- CSI)	Instrumento que evalúa las preferencias para el procesamiento de la información, distinguiendo dos estilos cognitivos: el primero que es un estilo intuitivo enfatizado en los sentimientos, carácter abierto y perspectiva global, y el segundo, es un estilo analítico enfatizado en el razonamiento, detalle y estructura [50-51].
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Styles Inventory- LSI)- Dunn y Dunn	Rita Dunn y Kennet Dunn (1978). Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Inventory). El modelo de Estilos de Aprendizaje de Rita Dunn y Kennet Dunn trata cinco grupos de estímulos que inciden en la forma y preferencias de aprendizaje de estudiantes desde la educación básica hasta adultos. Los cinco grupos son: Ambiental, Emocional, sociológico, Fisiológico, Psicológico. El diagnóstico para éste modelo se basa en el Learning Style Inventory (LSI), que integra 100 ítems y trata 21 variables incidentes en el proceso de aprendizaje. Se define que el instrumento es tratado en un tiempo promedio de 30 minutos [52-54].
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Inventory- LSI)- Kolb	Instrumento que describe la forma en que se aprende y la manera en que se tratan las ideas cotidianas. Cuenta con una tipología de nueve estilos de aprendizaje: Iniciación, Experimentación, Imaginación, Reflexión, Análisis, Pensamiento, Decisión Acción y Balance, actualizando la tipificación original de cuatro estilos: Acomodación, Asimilación, Convergencia y Divergencia [55-56].
Cuestionario Índice de Estilos de Aprendizaje (Index of Learning Styles- ILS)	Instrumento empleado para evaluar las preferencias en cuatro dimensiones: activo/reflexivo, sensible/ intuitivo, visual/ verbal, y secuencial/ global, definidas por Felder y Silverman [57-58].
Cuestionario Instrumento de Dominancia Cerebral Hermann (Herrmann Brain Dominance Instrument- HBDI)	Instrumento que mide y describe las preferencias de cada persona, de forma que se cataloga como un tipo de medición y modelo de estilos cognitivos. Identifica cuatro modos de pensamiento: Analítico, Secuencial, Interpersonal e Imaginativo [59].
Cuestionario Internacional de la Personalidad (International Personality Item Pool- IPIP)	Instrumento basado en los cinco grandes rasgos de personalidad: Extraversión, neuroticismo, amabilidad, responsabilidad y apertura a la experiencia [60].
Cuestionario Medida de estilos de regulación	Instrumento para evaluar las estrategias de regulación afectiva. Compuesto por 32 ítems con una amplia variedad de estrategias

afectiva (Measure of Affect Regulation Styles- MARS)	reguladoras de carácter cognitivo o conductual orientadas a cambiar la situación o la emoción [61].
Cuestionario de Perfil de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Profile- LSP)- Juch	Instrumento que trata el ciclo de aprendizaje con cuatro estilos: percibir, pensar, planear y hacer [62].
Cuestionario VARK	Es un instrumento que provee a los estudiantes de un perfil de sus preferencias de aprendizaje, que corresponde a las maneras en que se quiere tomar y presentar la presentación de la información: Visual, Aural, Lectura/ Escritura y Cenestésico [63].
Electroencefalografía	Técnica intrusiva con la que se verifica la condición neurofisiológica del cerebro del estudiante, mostrando la actividad bio-eléctrica en distintas condiciones [31].
Electromiografía	Técnica intrusiva que pretende establecer la actividad eléctrica que se produce en los músculos esqueléticos [31]. Fundamentalmente la medición marca la diferencia de potencia eléctrica en la activación de las células musculares desde las señales neurales o eléctricas externas.
Evaluación diagnóstica	Esta evaluación se constituye en una técnica de sondeo que se aplica sobre el dominio de conocimiento a fin de identificar el nivel sobre los conceptos constituyentes [64].
Expresión acústica en la entonación de la voz	Técnica semi- intrusiva en la que se perfilan las frecuencias de voz generalmente empleadas por el estudiante en distintas situaciones [31].
Expresión facial y corporal	Movimientos involuntarios que realiza el estudiante en distintas situaciones y que marcan tendencias en sus estados de ánimo, reacción o actitud [31, 65].
Información explícita	Datos específicos provistos directamente por el estudiante en el momento que el sistema los solicita (no inferidos ni calculados).
Instrumento verbal	Corresponde a un cuestionario que el estudiante responde verbalmente, a partir del cual se hace posible establecer patrones específicos como la entonación y semántica en su discurso, y con relación al contenido de sus respuestas se complementa con técnicas de decodificación de la voz [26]. Es deseable que este tipo de instrumento haya sido validado a nivel de constructo y confiabilidad con metodologías psicométricas.
Instrumento textual	Corresponde a un cuestionario que el estudiante lee, interpreta y responde de forma escrita [26, 34]. Es deseable que este tipo de instrumento haya sido validado a nivel de constructo y confiabilidad con metodologías psicométricas.
Instrumento audible	Cuestionario generalmente diseñado para valorar la capacidad aural del estudiante. Es deseable que este tipo de instrumento haya sido validado a nivel de constructo y confiabilidad con metodologías

	psicométricas.
Medidas conductuales	"Registros de conductas motoras que pueden observarse directa y externamente. Se determina a partir de unidades de análisis como: latencia de respuesta (tiempo que ésta tarda en producirse tras la exposición de un estímulo), persistencia (intervalo temporal existente entre el inicio y la finalización de la misma), amplitud (intensidad) y probabilidad (frecuencia de emisión de una respuesta en proporción al número total de oportunidades posibles); la elección o preferencia (entre diferentes opciones) y los indicadores no verbales (expresiones faciales y corporales)" [27].
Medidas fisiológicas	"Cuando los organismos se preparan para actuar, sus sistemas nervioso y endocrino fabrican y liberan diversas sustancias químicas. Es por ello que los investigadores se han interesado por analizar variables relacionadas con el Sistema Nervioso Autónomo (respuestas cardiovascular y electrodermal fundamentalmente), con el Sistema Nervioso Central (respuestas electroencefalográficas) y con el sistema endocrino (fundamentalmente, análisis de sangre, orina y saliva para medir, por ejemplo, nivel de catecolaminas plasmáticas –como la adrenalina-)” [27].
Modelo ARCS	Modelo diseñado para entender los mayores aspectos que influyen la motivación dentro del proceso de aprendizaje, a la vez que pretende identificar y solucionar problemas con dicha motivación respecto a los materiales instruccionales. Contiene cuatro categorías conceptuales: 1) Atención: elemento de la motivación y prerrequisito para el aprendizaje, que busca un balance entre aburrimiento e indiferencia versus hiperactividad y ansiedad; 2) Relevancia: estimula el reconocimiento de la importancia de la actividad/ material para el proceso del estudiante; 3) Confianza: que influencia la persistencia y compromiso y 4) Satisfacción: que incorpora la investigación y la práctica con las que el estudiante se siente bien respecto a sus logros. También contiene un set de estrategias por cada categoría para introducir en el proceso instruccional y finalmente incorpora un proceso de diseño sistemático denominado diseño motivacional. Este modelo permite establecer tendencias a partir de las categorías, como la proclividad al trabajo cooperativo, el reto por nuevos objetivos, asumir nuevas responsabilidades, satisfacción de necesidades, atribuciones del éxito/ errores, manejo del ego, manejo del esfuerzo por las recompensas, entre otros [66].
Modelos de análisis computacional	Análisis de datos para producir inferencias por medio procedentes de los campos de la estadística, machine learning y reconocimiento de patrones principalmente. Las tecnologías que soportan este análisis son: Sistemas basados en reglas, Conjuntos difusos, Aprendizaje

	basado en casos, modelos de regresión lineal, Análisis discriminante, Modelo oculto de Markov, Redes neuronales y Modelos Bayesianos [26, 31].
Modelos de contexto	Método fundamentado en la obtención implícita de información respecto al contexto de un dispositivo o entorno. Para el caso de dispositivos móviles, el modelo de contexto permite obtener la información de ubicación, hora y zona horaria, plataforma de acceso, capacidades de transferencia, entre otros. De manera paralela operan los modelos de contexto para dispositivos de cómputo con la información de gestores de red [41, 67].
Movimiento del mouse	Tomando en consideración que cuando un estudiante se encuentra frente a un computador, su mano generalmente está sobre el mouse, los distintos movimientos en su brazo (diferentes a los de selección asertiva del cursor) muestran cierto estado de motivación en sus trazas [31].
Patrones de comportamiento	Técnica automática o semi-automática para determinar tendencias en el estudiante y de esa manera caracterizar elementos específicos [68].
Realimentación biofísica	Corresponde al conjunto de mediciones físicas realizadas sobre la disposición biológica y funcional del estudiante [31]. Entre ellas se cuenta la presión arterial, temperatura, nivel de glucosa, entre otros.
Seguimiento al conocimiento- Knowledge tracing	Técnica que propone un proceso para hacer seguimiento a los cambios del estado de conocimiento durante la adquisición de habilidades empleando Modelos de Markov y redes bayesianas fundamentalmente [69-70].
Seguimiento al movimiento ocular	El movimiento ocular del estudiante sobre el entorno computacional permite determinar niveles de concentración en el desarrollo de las actividades [31].
Semántica del discurso	Corresponde al seguimiento y la interpretación de la expresión y discurso del estudiante [31].
Sensores ambientales	Dispositivos físicos que captan de manera implícita los niveles que registran las condiciones ambientales del entorno del estudiante [41, 67].
Taxonomía de Bloom	Método basado en la definición de BLOOM, que divide las competencias educacionales en tres grandes grupos: Afectivas (receptividad, respuesta, valoración, organización y caracterización), Psicomotrices y Cognoscitivas (conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación) [71].
Teoría atribucional de la motivación y la emoción	Este método se fundamenta en el modelo propuesto por Weiner [72] en el que es posible ligar y analizar la motivación con las emociones a partir de tres dimensiones causales: locus (percepción de la generación de determinaciones personales), estabilidad (rasgos que se detectan sobre el actuar interno del estudiante) y control (solución de ciertos

	temas mientras se crean otras dificultades); las que son evaluadas a partir de los logros del estudiante.
Test de grupo de figuras incrustadas (The group embedded figures test-GEFT)	Este instrumento mide rasgos cognitivos, particularmente aspectos de personalidad y discapacidades cognitivas [73].
Test de habilidades sensoriales y motoras	Este tipo de instrumentos determinan el estado funcional del organismo, empleando técnicas de estimulación con realidad virtual, simuladores y aplicaciones de propósito específico. Las pruebas sensoriales y motoras combinadas, trabajan a partir de la recepción de mensajes sensoriales y la producción de una respuesta (sensorial o motora) [74-75].
Tiempo de respuesta del esfuerzo (Response Time Effort- RTE)	Técnica que opera sobre la hipótesis que cuando un estudiante es examinado por medio de un instrumento y su tiempo de respuesta es bajo para cada ítem requerido, es un indicador de desmotivación (ya que no se concedieron el tiempo necesario para leer y tener pleno dominio de lo solicitado) [76].

1.6 Síntesis de aplicación del MIE en función de las guías de recomendación

Las siguientes Figuras (1.3, 1.4 y 1.5) presentan la síntesis de las características y integradas a las guías de recomendación, a saber: (1) Funcionalidad adaptativa, (2) Teorías de aprendizaje y (3) Tipos de Adaptación. En las guías de recomendación también fueron incluidos los Tipos de Sistemas de Aprendizaje, pero dado que estos no eran factores directos para relacionar elementos del MIE (sino elementos fundamentales para contextualizar el proceso de modelado a seguir por el diseñador instruccional), no son tratados en esta síntesis. Cada característica es relacionada con la taxonomía del Modelo Integral de Estudiante propuesto (ver Figuras 1.4 y 1.5), en los niveles 1 y 2 (categorías y sub-categorías). Se aclara que en estas figuras no se observa el detalle a nivel de elementos finales de las sub-categorías, en virtud de su extensión.

Funcionalidades Adaptativas	
1	Asignación de currículo
2	Diseño instruccional
3	Provisión de materiales de aprendizaje
4	Entornos de juegos sociales (Social gaming environments)
5	Seguimiento (tracking)
6	Realimentación (feedback)
7	Soporte tutorial
8	Evaluación
9	Comunicación
10	Movilidad
11	Entorno
12	Administración de la información del estudiante

(a)

Tipos de Adaptación		
1	Contenido	Adaptación Didáctica
2	Secuencia	
3	Evaluación	
4	Presentación	Adaptación de Interfaz
5	Navegación	

(b)

Teorías de Aprendizaje	
1	Comunidades de práctica
2	Aprendizaje situacional
3	Teoría de la conversación
4	Teoría del texto y la conversación
5	Aprendizaje organizacional
6	Aprendizaje en doble ciclo
7	Aprendizaje experiencial
8	Estilos de aprendizaje
9	Sociedad desescolarizada
10	Homeschooling, unschooling
11	Pedagogía crítica
12	Relaciones interpersonales
13	Educación de Montessori
14	Pedagogía científica
15	Educación experiencial
16	Constructivismo
17	Constructivismo expresivo
18	Constructivismo radical
19	Constructivismo social
20	Construccionismo
21	Conectivismo
22	Epistemología genética
23	Zona de desarrollo proximal
24	Aprendizaje expansivo
25	Scaffolding
26	Aprendizaje por descubrimiento
27	Aprendizaje significativo
28	Inteligencias múltiples
29	Mastery learning
30	Objetivos educativos
31	Conductismo radical
32	Instruccionismo

(c)

Figura 1.3 Síntesis de características esenciales de las guías de recomendación: (a) Funcionalidades Adaptativas para el sistema de aprendizaje, (b) Tipos de Adaptación, (c) Teorías de Aprendizaje. Cada característica se encuentra debidamente indizada.

A nivel práctico, la lectura de la información en las Figuras 4.9 y 4.10 se realiza por medio de cada uno de los índices relacionados en la Figura 4.8.

Se invita al lector a verificar en el Anexo D las especificaciones a nivel de los elementos constitutivos del MIE.

Categoría	Subcategoría/ Elemento	Funcionalidades Adaptativas												Tipo Adaptac.					
														Didáctica		Interf.			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
Aspectos Didácticos	Comportamiento				X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
	Errores y dificultades procedimentales (elemento)			X		X		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
	Realimentación (Elemento)					X	X	X	X				X	X		X			X
	Reflexión sobre el proceso				X	X	X	X	X		X		X	X	X	X			X
Características Psicológicas y físicas	Disposiciones afectivas			X	X	X			X			X	X	X	X	X	X	X	X
	Estado personal			X	X	X			P	P			X	X		X	X	X	X
	Estilos de aprendizaje			X		X			X	X			X	X	X	X	X	X	X
	Hábitos (elemento)			X	X	X					X		X	X		X			
	Personalidad				X	X						X	X	X					
	Valores (elemento)				X	X							X	X					
Información personal	Demográfica												X						
	Geográfica												X						
	Objetivos y perspectivas personales				X								X	X		X	X	X	X
	Observaciones sobre el estudiante (elemento)												X						
	Preferencias personales				X								X	X	X		X	X	X
Interacción con el sistema	Capacidad, nivel de experticia y destreza de uso			X	X	X			X	X	X		X					X	
	Entorno del sistema			X	X	X			X	X	X	X	X	X				X	X
	Historial de interacciones				X	X		X					X					X	X
	Tipo de información (elemento)			X					X				X	X				X	
Nivel de conocimiento	Competencias	X	X	X		X		X	X				X	X	X	X			X
	Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento (elemento)	X	X	X		X		X	X				X	X	X	X			X
	Errores conceptuales (elemento)	X	X	X		X		X	X				X	X	X	X			X
	Historial de conocimiento	X	X	X		X		X	X				X	X	X	X			X
	Necesidades y objetivos de conocimiento	X	X	X	X			X	X				X	X	X	X			X
Trabajo grupal				X	X			X	X			X	X		X				

Convenciones: X=La subcategoría está incluida en su totalidad. P=La subcategoría está incluida parcialmente. (elemento)=Esta característica no está ligada a una subcategoría específica.

Figura 1.4. Relación de Funcionalidades Adaptativas y Tipos de Aprendizaje con el Modelo MIE para las Guías de Recomendación del Marco de Referencia.

		Teorías de Aprendizaje																																
Categoría	Subcategoría/ Elemento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Aspectos Didácticos	Comportamiento	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
	Errores y dificultades procedimentales (elemento)					X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
	Realimentación (Elemento)					X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
	Reflexión sobre el proceso	P	P	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Características Psicológicas y físicas	Disposiciones afectivas	X	X	X	X	X		X		X	X	X						X	X							X			X		X	X	X	
	Estado personal																	P	P					P	P	P	P		X		X	X	X	
	Estilos de aprendizaje			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Hábitos (elemento)							X		X	X	X			X												X			X		X	X	X
	Personalidad									X	X	X																		X		X	X	X
Información personal	Valores (elemento)							X	X	X																X			X		X	X	X	
	Demográfica																																	
	Geográfica																																	
	Objetivos y perspectivas personales																						X							X		X		
	Observaciones sobre el estudiante (elemento)																																	
Interacción con el sistema	Preferencias personales	X	X	X	X	X	P			X	X	X							X			X							X		X			
	Capacidad, nivel de experticia y destreza de uso																																	
	Entorno del sistema			X	X	X											P																	
	Historial de interacciones							X																										
Nivel de conocimiento	Tipo de información (elemento)			X	X																													
	Competencias																								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Conceptos desconocidos del dominio de conocimiento						X	X		X	X	X		X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Errores conceptuales (elemento)				X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Historial de conocimiento (elemento)				X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Trabajo grupal	Necesidades y objetivos de conocimiento	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Interacciones sociales	X	X	X	X	X							X	X	X	X						X	X		X		X		X		X	X	X	

Convenciones: X=La subcategoría está incluida en su totalidad. P=La subcategoría está incluida parcialmente. (elemento)=Esta característica no está ligada a una subcategoría específica.

Figura 1.5. Relación de Teorías de Aprendizaje con el Modelo MIE para las Guías de Recomendación del Marco de Referencia.

Referencias

- [1] I. A. Becta, "An introduction to learning platforms," Becta- British Educational Communications and Technology Agency 2005.
- [2] M. Rouse, "Web-based training (e-learning)," in *TechTarget* vol. 2015, SearchSOA.com, Ed., ed: Pro+, 2015.
- [3] M. N. Escobar Guzmán and F. Gómez Jaramillo, "Comentarios propositivos sobre la teoría crítica," *E-mail Educativo; Currículo y Medios Tecnológicos*, vol. 1, p. 14, 2008/06/04/ 2008.
- [4] Educause. (2015, May 25). *Massive Open Online Course (MOOC)*. Available: <http://www.educause.edu/library/massive-open-online-course-mooc>
- [5] R. Rocha, *et al.*, "Análisis de modelos de dominio, modelos de contexto y modelos de instrucción para el aprendizaje adaptativo- Proyecto SUMA," 2008.
- [6] M. Area Moreira and J. Adell Segura, *e-Learning: Enseñar y Aprender en Espacios Virtuales*. Málaga, España: Ediciones ALJIBE, 2009.
- [7] S. Kroop, *et al.*, *Responsive Open Learning Environments* vol. 26. London, 2015.
- [8] D. E. Stone and G. Zheng, "Learning Management Systems in a Changing Environment," in *Handbook of Research on Education and Technology in a Changing Society*, ed: IGI Global, 2014, p. 13.
- [9] A. Paramythis, *et al.*, "Layered evaluation of interactive adaptive systems: Framework and Formative Methods," *User Model User-Adap Inter*, vol. 20, p. 71, 28 Noviembre 2010 2010.
- [10] G. Magoulas, *et al.*, "Integrating Layered and Heuristic Evaluation for Adaptive Learning Environments," *Second Workshop on Empirical Evaluation of Adaptive Systems* 2003.
- [11] J. Velez, "Entorno de Aprendizaje Adaptativo soportado por un Modelo de Usuario Integral," Doctorado, Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores, Universidad de Girona, 2009.
- [12] V. J. Shute and D. Zapata-Rivera, "Adaptive Educational Systems," in *Adaptive Technologies for Training and Education*, ed: Cambridge University Press, 2012, pp. 7-27.
- [13] Becta ICT Advice, "The Learning Platform Conformance Regime," Department for Education and Skills, (DfES); Becta January, 2005 2005.
- [14] UNESCO, *Policy Guidelines for Mobile Learning*. France: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO, 2013.
- [15] R. Millwood, *et al.*, "Report on good practice of innovative applications of learning theories in TEL v1," 2013.
- [16] H. p. Holistic Approach to Technology Enhanced Learning. (2015, March, 26). *Learning theories map*. Available: <http://hotel-project.eu/content/learning-theories-map-richard-millwood>
- [17] T. G. Tiong and Kinshuk, "E-Learning Systems Content Adaptation Frameworks and Techniques," in *Encyclopedia of Multimedia Technology and Networking, Second Edition*, P. Margherita, Ed., ed Hershey, PA, USA: IGI Global, 2009, pp. 460-468.
- [18] F. Díaz Barriga and G. Hernández Rijas, *Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo* vol. 2. México: McGraw-Hill Interamericana, 2002.

- [19] H. Fontalvo, *et al.*, "Diseño de ambientes virtuales de enseñanza aprendizaje y sistemas hipermedia adaptativos basados en modelos de estilos de aprendizaje," *Zona Próxima*, vol. 0, 2011/04/29/ 2007.
- [20] P. Brusilovsky, "Adaptive Navigation Support," in *The Adaptive Web*, P. Brusilovsky, *et al.*, Eds., ed: Springer Berlin Heidelberg, 2007, pp. 263-290.
- [21] P. Brusilovsky, "Adaptive Navigation Support for Open Corpus Hypermedia Systems," in *Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems*, W. Nejdl, *et al.*, Eds., ed: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 6-8.
- [22] T.-H. Liang, *et al.*, "An exploration study on student online learning behavior patterns," in *IEEE International Symposium on IT in Medicine and Education, 2008. ITME 2008*, 2008, pp. 854-859.
- [23] IMS_Global_Learning_Consortium, "IMS Reusable Definition of Competency or Educational Objective," in *Information Model*, ed: IMS, 2002, p. 11.
- [24] F. Bouchet, *et al.*, "Identifying Students' Characteristic Learning Behaviors in an Intelligent Tutoring System Fostering Self-Regulated Learning," 2012, pp. 1-8.
- [25] F. J. Bruno, *Diccionario de términos psicológicos fundamentales*: Paidós, 1997.
- [26] F. A. Khan, *et al.*, "An approach for identifying affective states through behavioral patterns in web-based learning management systems," Kuala Lumpur, Malaysia, 2009, pp. 431-435.
- [27] G. De la Casa, "Los Procesos Motivacionales y Emocionales como Objeto de Estudio Específico de la Psicología: Aspectos Conceptuales y de Medida," Universidad de Sevilla 2008.
- [28] J. Kay, *et al.*, "Empowering teachers to design learning resources with metacognitive interface elements," in *Handbook of Design in Educational Technology*, R. Luckin, *et al.*, Eds., ed: Taylor and Francis, 2013.
- [29] L. R. Goldberg, "A broad-bandwidth, public domain, personality inventory measuring the lower-level facets of several five-factor models," in *Personality Psychology in Europe*, Tilburg, The Netherlands, 1999, p. 22.
- [30] L. R. Goldberg, *et al.*, "The International Personality Item Pool and the future of public-domain personality measures," *Journal of Research in Personality*, vol. 40, p. 13, 2006.
- [31] X. Li and Q. Ji, "User Affective State Assessment for HCI Systems," *AMCIS 2004 Proceedings*, 2004/12/31/ 2004.
- [32] L. Qu, *et al.*, "Using Learner Focus of Attention to Detect Learner Motivation Factors," in *User Modeling 2005*, L. Ardissono, *et al.*, Eds., ed: Springer Berlin Heidelberg, 2005, pp. 70-73.
- [33] M. A. Chatti, *et al.*, "A Reference Model for Learning Analytics," *International Journal of Technology Enhanced Learning (IJTEL)*, vol. 4, pp. 318-331, 2012/01// 2012.
- [34] T. d. Soldato and B. d. Boulay, *Formalisation and implementation of motivational tactics in tutoring systems*: University of Sussex, School of Cognitive and Computing Science, 1994.
- [35] N. F. Z. Abedin, *et al.*, "The Validity of ASSIST as a Measurement of Learning Approach among MDAB Students," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 90, pp. 549-557, 2013/10/10/ 2013.
- [36] N. Entwistle, *et al.*, "Identifying distinctive approaches to studying," *Higher Education*, vol. 8, pp. 365-380, 1979/07/01/ 1979.
- [37] C. Alonso, *et al.*, *Los Estilos de Aprendizaje: Procedimientos de Diagnóstico y Mejora* vol. 6. Bilbao, España: Mensajero, 1995.
- [38] J. L. Meece and *et al.*, "Predictors of Math Anxiety and Its Influence on Young Adolescents' Course Enrollment Intentions and Performance in Mathematics," *Journal of Educational Psychology*, vol. 82, pp. 60-70, 1990 1990.

- [39] COLDEX. (2005, March 23). *COLDEX Open User Scheme Evaluation Questionnaires*. Available: http://www.coldex.info/contact/OUS_Questionnaires.pdf
- [40] The_National_Institute_for_Science_Education. (2003, March 23). *Attitudinal Survey*. Available: <http://www.flaguide.org/extra/download/cat/attitude/attitude.pdf>
- [41] A. Al-Hmouz, *et al.*, "Enhanced learner model for adaptive mobile learning," Paris, France, 2010, pp. 783-786.
- [42] J. R. Rizzo, *et al.*, "Role Conflict and Ambiguity in Complex Organizations," *Administrative Science Quarterly*, vol. 15, pp. 150-163, 1970/06/01/ 1970.
- [43] Psicología_online. (2014, March 23). *Cuestionario de Ambigüedad y Conflicto de Rol*. Available: <http://www.psicologia-online.com/ebooks/riesgos/anexo5.shtml>
- [44] A. R. Rezaei and L. Katz, "Evaluation of the reliability and validity of the cognitive styles analysis," *Personality and Individual Differences*, vol. 36, pp. 1317-1327, 2004/04// 2004.
- [45] G. J. Boyle, "Reliability and validity of Izard's differential emotions scale," *Personality and Individual Differences*, vol. 5, pp. 747-750, 1984 1984.
- [46] P. Honey and A. Mumford, *The Manual of Learning Styles*, 3rd edition ed. Maidenhead: Peter Honey Publications, 1992.
- [47] P. R. Pintrich, *et al.*, "Motivational and Self-Regulated Learning Components of Classroom Academic Performance," *Journal of Educational Psychology*, vol. 82, pp. 33-40, 1990/01// 1990.
- [48] S. Jaafar, *et al.*, "Motivational and self-Regulated Learning Components of Classroom Academic Performance," in *E-proceedings of the Conference on Management and Muamalah (CoMM 2014)*, 2014, p. 128 (8).
- [49] T. Myers_&_Briggs_Foundation. (2015, March 12). *MBTI Basics*. Available: <http://www.myersbriggs.org/my-mbti-personality-type/mbti-basics/>
- [50] C. W. Allinson and J. Hayes, "The Cognitive Style Index: A measure of intuition-analysis for organizational research," *Journal of Management Studies*, vol. 33, p. 17, 1996.
- [51] C. Allinson and J. Hayes, "The Cognitive Style Index. Technical Manual and User Guide," United Kingdom 1996.
- [52] R. Dunn, "Learning style and its relation to exceptionality at both ends of the spectrum," *Exceptional Children*, 1983.
- [53] M. Leone, *et al.* (2012, Febrero 15). *Learning Styles: Dunn and Dunn Mode*. Available: http://www.click4it.org/index.php/Learning_Styles:_Dunn_and_Dunn_Model
- [54] R. Dunn and K. Dunn. (2014, February, 16). *Online Learning Style Assessments & Community*. Available: <http://www.learningstyles.net/>
- [55] <http://learningfromexperience.com>. (2015, March 2). *Kolb Learning Style Inventory (LSI) Version 4*. Available: <http://learningfromexperience.com/tools/kolb-learning-style-inventory-lsi/>
- [56] D. A. Kolb, *Kolb Learning Style Inventory*, Version 3.1 edition ed.: Hay Group Transforming Learning, 2007.
- [57] R. M. Felder and L. K. Silverman, "Learning and Teaching Styles in Engineering Education," *Engineering Education*, vol. 78, pp. 674-681, 1988.
- [58] R. M. Felder and L. K. Silverman. February 26). *Index of Learning Styles (ILS)*. Available: <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSpag.html>
- [59] Herrmann_Global_LLC. (2015, March 12). *The Herrmann Brain Dominance Instrument® (HBDI®)*. Available: http://www.hbdi.com/uploads/100046_Brochures/100678.pdf

- [60] L. R. Goldberg. *International Personality Item Pool: A Scientific Collaboratory for the Development of Advanced Measures of Personality Traits and Other Individual Differences*. Available: <http://ipip.ori.org/> Internet Web Site.
- [61] D. P. Rovira, *et al.*, "Measurement of Affect Regulation Styles (MARS) expanded," *Psicothema*, vol. 24, pp. 249-254, 2012/05// 2012.
- [62] B. Juch, *Personal Development: Theory and Practice in Management Training*. Chichester ; New York: John Wiley & Sons Ltd, 1983.
- [63] VARK_Learn_limited. (2015, February 26). *VARK- A guide to learning styles*. Available: <http://vark-learn.com/home/>
- [64] R. Lazarowitz and C. Lieb, "Formative Assessment Pre-Test to Identify College Students' Prior Knowledge, Misconceptions and Learning Difficulties in Biology," *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 4, pp. 741-762, 2006/09/07/ 2006.
- [65] P. Rozin and A. B. Cohen, "High frequency of facial expressions corresponding to confusion, concentration, and worry in an analysis of naturally occurring facial expressions of Americans," *Emotion (Washington, D.C.)*, vol. 3, pp. 68-75, 2003/03// 2003.
- [66] J. M. Keller, "Development and use of the ARCS model of instructional design," *Journal of instructional development*, vol. 10, pp. 2-10, 1987/09/01/ 1987.
- [67] A. Al-Hmouz, *et al.*, "A Machine Learning Based Framework for Adaptive Mobile Learning," in *Advances in Web Based Learning - ICWL 2009, 8th International Conference*, Aachen, Germany, 2009, pp. 34-43.
- [68] S. Graf, *et al.*, "Identifying Learning Styles in Learning Management Systems by Using Indications from Students' Behaviour," in *Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2008. ICALT '08*, 2008, pp. 482-486.
- [69] M. Feng, *et al.*, "Student Modeling in an Intelligent Tutoring System," in *Intelligent Tutoring Systems in E-learning Environments: Design, Implementation and Evaluation*, ed: Hershey, PA: Information Science Reference, 2010, pp. 208-236.
- [70] Y. Gong, *et al.*, "How to construct more accurate student models: comparing and optimizing knowledge tracing and performance factor analysis," *Int. J. Artif. Intell. Ed.*, vol. 21, pp. 27-45, 2011/01// 2011.
- [71] E. Sánchez and M. Lama, "Técnicas de personalización del flujo de aprendizaje basadas en ontologías," 2009.
- [72] B. Weiner, "An Attributional Theory of Achievement Motivation and Emotion," in *An Attributional Theory of Motivation and Emotion*, ed: Springer US, 1986, pp. 159-190.
- [73] M. R. O'Leary, *et al.*, "The Group Embedded Figures Test: A Measure of Cognitive Style or Cognitive Impairment," *Journal of Personality Assessment*, vol. 44, pp. 532-537, 1980/10/01/ 1980.
- [74] B. Roitberg, *et al.*, "Sensory and motor skill testing in neurosurgery applicants: a pilot study using a virtual reality haptic neurosurgical simulator," *Neurosurgery*, vol. 73 Suppl 1, pp. 116-121, 2013/10// 2013.
- [75] (2012, March 23). *Test of Visual Motor Skills-3 (TVMS-3)*. Available: <http://www.therapro.com/Therapro-Products-C307743.aspx>
- [76] S. L. Wise and X. Kong, "Response Time Effort: A New Measure of Examinee Motivation in Computer-Based Tests," *Applied Measurement in Education*, vol. 18, pp. 163-183, 2005/04/01/ 2005.

Anexo F

Evaluación del MIE por juicio de expertos

1. Validación del MIE por juicio de expertos

El proceso investigativo ha derivado como producto la propuesta de categorización de elementos constitutivos para el modelo de estudiante, que como se ha descrito en apartados previos, se concibe a partir de la abstracción de diversas fuentes de elementos y se sintetiza con un ordenamiento y complementación que realiza el autor en conjunto con su grupo de investigación.

No obstante, el equipo de investigación considera necesario recurrir al juicio de expertos como método de validación, lo que se traducirá en una depuración objetiva con múltiples puntos de vista que promoverá un mayor nivel de certeza sobre la precisión de lo propuesto, reuniendo las experiencias aprendidas dentro del contexto de investigación de cada experto. Para tal fin, se hace uso del método Focus Group, que "es un método empírico de investigación rentable y rápida para la obtención de información cualitativa y la realimentación [por parte de un grupo específico], que se puede utilizar en varias fases y tipos de investigación" [1]. Focus Group destaca que dentro de los temas para los cuáles su uso resulta adecuado se incluyen [1]: (1) Obtener realimentación de los participantes sobre preguntas de investigación, (2) Reconocer pasadas experiencias que puedan estudiarse con mayor detalle empleando otros métodos, (3) Realizar la evaluación inicial de potenciales soluciones, basado en el concepto de practicantes o usuarios, (4) Recopilar recomendaciones de lecciones aprendidas, e (5) Identificar potenciales raíces que derivan un fenómeno. Por lo anterior, se determina como adecuado su uso en la presente actividad de investigación.

El método Focus Group se cumple a partir de los siguientes pasos [2]:

1. **Planeamiento de la investigación.**
 - **Definición del problema de investigación.** Fundamentado en la necesidad de preparar el material que será parte fundamental del Focus Group.
2. **Diseño de grupos de discusión.**
 - **Selección de participantes.** Generalmente es posible crear hasta 6 grupos de discusión y el número de integrantes por cada grupo puede oscilar entre 3 y 12 participantes. La experiencia define que grupos con bajo número de participantes tienden a ser más participativos. Deben estimarse criterios de reclutamiento de participantes.
 - **Segmentación.** Estrategia definida para generar los subgrupos.
3. **Conducción de las sesiones del Focus Group.**
 - **Secuencia básica.** Un evento Focus Group puede tardar hasta 3 horas, para lo cual se tiene predefinida una agenda y una estructura.

El moderador debe iniciar la sesión definiendo los objetivos y reglas de participación, para luego proceder a presentar cada uno de los temas. En la discusión el moderador puede hacer uso de diferentes técnicas como lluvia de ideas (brainstorming), encuestas, votaciones, el método Delphi [3], juegos de comparación o juegos de roles.

- **Captura de Información.** Proceso de obtención de documentos de respaldo a partir de técnicas como observadores adicionales tomando notas, audio, video o grabación del teclado.
 - **Rol del Moderador.** El moderador debe facilitar la discusión, e impedir que sus opiniones generen influencia sobre los participantes, sus intervenciones deben conducir a alcanzar la profundidad requerida en la discusión.
4. **Análisis de la Información y Reporte de Resultados.** Pueden emplearse métodos de análisis de información cualitativa o de información cuantitativa empleando estadística descriptiva o métodos estándares cuantitativos.

1.1 Organización del focus group

A continuación se describe el proceso seguido a fin de realizar el Focus Group para alcanzar la validación por el juicio de expertos de la propuesta generada.

1.1.1 Planeamiento de la investigación

Es claro que el objetivo del Focus Group es "Obtener realimentación de alto nivel con respecto a la propuesta de elementos caracterizados para integrar un modelo de estudiante", en tal sentido se preparó un documento, que incluye: (1) una breve descripción del proyecto, (2) el objetivo de lo pretendido con su colaboración, (3) la expresión que él/ella hace parte de un grupo de expertos, (4) una descripción de la actividad y producto que se espera alcanzar por su parte, (5) una indagación por su disposición para hacer parte de un proceso subsecuente de discusión, (6) la propuesta de elementos generada por el autor y su tutor, (7) un documento glosario de definición de las categorías y sub-categorías incluidas en el modelo propuesto.

1.1.2 Diseño de grupos de discusión

- **Selección de participantes.** Se adoptaron los siguientes criterios para constituir el grupo de expertos participantes: (i) investigadores reconocidos por su aporte al área de modelado de usuarios/ estudiantes, sistemas adaptativos de aprendizaje o ciencias cognitivas, (ii) debe poseer una contextualización sobre el problema de investigación que se está tratando, (iii) el grupo debe vincular diferentes filiaciones institucionales. De esta manera fueron seleccionados 16 expertos relacionados en la Tabla 1.1.

EXPERTO	FILIACIÓN
Inv. Argentina	Universidad Nacional Santiago del Estero- Argentina
Inv. España 1	Unviersidad Nacional de Educación a Distancia- España
Inv. España 2	Unviersidad Nacional de Educación a Distancia- España
Inv. España 3	Universidad de Vigo- España
Inv. España 4	Universidad de Málaga- España
Inv. España 6	Universidad de Málaga- España
Inv. México 1	Universidad de Guadalajara- México
Inv. Colombia 1	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
Inv.Colombia 2	Universidad Nacional de Colombia
Inv.Colombia 3	Universidad Nacional de Colombia
Inv. México 2	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey- México
Inv. Colombia 4	Universidad del Cauca- Colombia
Inv. Colombia 5	Universidad del Cauca- Colombia
Inv. España 7	Universidad de Vigo- España
Inv.Colombia 6	Universidad Pontificia Bolivariana- Colombia
Inv.Colombia 7	Universidad Pontificia Bolivariana- Colombia

Tabla 1.1. Expertos seleccionados.

- **Segmentación.** Ante la invitación realizada a los expertos seleccionados, diez de ellos dieron respuesta positiva para su participación, brindando a la vez su criterio con respecto a lo propuesto. Se conformaron 2 subgrupos de debate, de la siguiente manera:

Grupo 1	Grupo 2
Inv. Argentina	Inv. España 3
Inv. Colombia 1	Inv. España 2
Inv. Colombia 2	Inv. México 2

Inv. Colombia 3	Inv. España 1
Inv. Colombia 4	Inv. México 1

Tabla 1.2. Subgrupos del Focus Group.

1.1.3 Conducción de las sesiones del Focus Group

- Secuencia básica.** Dado el perfil de los participantes y el propósito del Focus Group, se ha definido que la principal herramienta para el desarrollo del Focus Group es el método Delphi, que se aplica de la siguiente manera: (1) inicialmente todos los participantes fueron contactados electrónicamente, resguardando su identidad con respecto a los otros, (2) a cada uno se le allegó la documentación referenciada en el Planeamiento de la Investigación, (3) cada participante inicialmente hizo llegar sus observaciones y respuestas por un canal independiente electrónicamente, (4) el moderador realizó una síntesis de todas las observaciones en un único documento de "compendio", el cual no relaciona quién las generó e incluso se redactan las observaciones de manera diferente (sin perder su significado), (5) a cada participante que confirme su disposición para la sesión del debate se le envía dicho compendio, junto con la definición protocolaria (especificaciones de la metodología, infraestructura y agenda) de la sesión de discusión, (6) las discusiones fueron establecidas así: Grupo 1: Miércoles 21 Noviembre de 2012, 3:00 pm., Grupo 2: Martes 20 Noviembre de 2012, 12:00 m. Dificultades de algunos expertos promovieron la fusión de los dos grupos en un debate cumplido en el horario del Grupo 2. De esta manera, el grupo definitivo para el debate fue integrado de la siguiente manera:

Expertos
Inv. Argentina
Inv. España 3
Inv. Colombia 3
Inv. España 1

Tabla 4. Grupo Final de Debate

- Captura de información.** Fueron empleados como técnicas de captura la grabación de audio y el registro de relatoría.
- Rol del moderador.** Rol cumplido por parte del autor del proyecto.

1.1.4 Análisis de la Información y Reporte de Resultados

1.1.4.1 Aportes Destacados de los Expertos

Dentro del focus group, el método Delphi permitió captar observaciones individuales de los expertos, las cuales fueron abstraídas de la siguiente manera:

- El interés del proyecto es pretender generar un pool de elementos de los cuales pueda tomarse para constituir modelos de estudiante para sistemas ALS específicos, lo que conduce a tener que establecer que no todos los elementos cubren cualquier necesidad adaptativa de un ALS. Esto quiere decir que se debe pretender uno de dos caminos: (1) Especificar el rango de aplicación de cada elemento según el tipo de adaptación que se pretenda obtener, o (2) Acotar la propuesta de elementos a un tipo específico de: adaptación (instrucción, navegación, presentación), ALS, nivel de educación, características de estudiante, entorno, entre otros.
- Se debería especificar para qué tipo de entornos de aprendizaje sirve el modelo (Por ejemplo entornos web, entornos móviles, entornos ubicuos, entornos colaborativos, entornos mono-usuario, etc.). Esto permitiría comprender mejor el criterio usado para incluir las diferentes categorías y elementos en el modelo por futuros usuarios.
- Es legible la intención por alcanzar la definición de un modelo de tipo genérico, sin embargo sería conveniente plantear en el contexto, para qué tipo de adaptaciones podría emplearse. Es decir, que aspectos de un sistema de aprendizaje virtual se podrían adaptar a partir de este modelo (Por ejemplo, adaptación de contenido, de enlaces, de interfaz, de tareas pedagógicas, etc.).
- Es importante reflexionar acerca de la complejidad que se puede generar al integrar un alto número de elementos en un modelo de estudiante, vista desde la cantidad de técnicas para modelar que se requerirán y las capacidades del ALS para mantenerlas.
- Innegablemente existen características de estudiante que son transversales o agregados de diferentes elementos, razón por la cual es necesario identificar la manera en que serán modeladas.
- Con el objetivo de ofrecer una mayor riqueza en la contextualización del modelo, se hace necesario ampliar el glosario, brindando el significado de cada uno de los elementos.
- Tomando en consideración que la propuesta enmarca una jerarquización de elementos y una semántica asociada a cada uno, se sugiere la necesidad que

posteriormente sea analizado un método que provea estructura formal a la representación por medio de un formato específico o estándar.

- Habiendo definido los elementos y sus afinidades por medio de categorías, vale la pena dar un espacio de reflexión a las técnicas con que serán modelados, y en ellas un espacio interesante corresponde a mecanismos basados en hardware, como puede ser el caso del modelado de emociones por medio de sensores.
- El estilo de aprendizaje ha sido definido a nivel de categoría, sin embargo vale la pena identificar la posibilidad de incluirlo dentro de otra, dado su nivel de granularidad.
- "En el diseño de modelo de estudiante para aplicaciones específicas, el mismo debe aportar la información necesaria para los fines de adaptación que se persigan". Esto impone un reto a la aplicación genérica que promueve esta propuesta.

Adicionalmente los expertos proveyeron sugerencias de carácter técnico, tales como el ajuste en ciertas definiciones.

1.1.4.2 Análisis del Debate

Tomando en consideración la agenda diseñada para el debate (consignada en el protocolo), se produjo el siguiente análisis, derivado de los aportes de los expertos:

- Tema 1: Complejidad derivada de la cantidad de elementos a incluir en un modelo frente a la cantidad y "dificultad de implementación" de técnicas para soportar la inicialización y actualización (diagnóstico). Se identifica como un problema destacado y difícil de solucionar, sin embargo se propone identificar en el modelo propuesto aquellos elementos que pudiesen de manera offline ser actualizados con técnicas como minería web y otras. Adicionalmente la instanciación del modelo de estudiante en cada ALS según los objetivos de adaptación que se pretendan.
- Tema 2: Carácter genérico de la propuesta. (1) Se estima como un aporte valioso al área de trabajo, está planteada con elementos que pueden ser tomados por cualquier tipo de sistema adaptativo. Sin embargo es necesario pensar más en los contextos de aplicación, de manera que como el proyecto pretende "facilitar el proceso de desarrollo de tales modelos de estudiante", el personal vinculado pueda tener mayores criterios para definir los elementos que le resulten fundamentales aplicar. (2) Así que fue sugerido que el modelo operara como un shell instanciable para cada aplicación. De hecho que el modelo después de un

análisis con mayor profundidad en cuanto a los contextos de aplicación, derivara una propuesta de un "modelo elemental" con funcionalidad básica y generar ciertas guías (de requerimientos) para determinar cuáles otros elementos en tiempo de ejecución serían necesarios ir vinculando. (3) Para efectos que contribuyen directamente a los alcances del proyecto, fue sugerido que se identificaran escenarios tipo y luego determinar si el modelo los cubre y de esa manera especificar lo que sería para cada caso el "modelo fundamental" y el "modelo extendido", lo que aportaría en la etapa de validación de la propuesta. (4) Valdría la pena estudiar la posible inclusión de una categoría de "contexto de aprendizaje" que en cierta manera podría contribuir a tipificar ciertos elementos relacionados con los contextos de aplicación del modelo, sin embargo esto no exime el necesario análisis de aplicación de cada elemento del modelo a casos de ALS.

- Tema 3: Integración de elementos. (1) Los expertos dejaron la pregunta en el aire ¿se podría generar meta-conocimiento a partir de este cúmulo de conocimiento?. (2) Se define que la inferencia de valoraciones para elementos no explícitos es fundamental en un sistema en que esté incluido el modelo y de esto se dará cuenta por parte de los métodos de modelado. (3) Se reafirma la necesidad de pensar a posteriori en técnicas de representación estructural. (4) Ante la hipótesis de la dificultad de hallar técnicas específicas para elementos subjetivos del estudiante, se sugiere tomar en consideración técnicas estadísticas que a partir de probabilidades brinden acercamiento a la información esperada.
- Tema 4: Información sensible al estudiante. (1) Es necesario tomar en consideración efectivamente los elementos relacionados con información susceptible del estudiante. (2) Los modelos de estudiante abiertos conceden al usuario la libertad de permitir que cierta información sea o no empleada para los fines adaptativos del sistema. (3) Se lleva al análisis que los modelos de estudiante abiertos sacrifican el proceso de personalización. (4) Es necesario tener en cuenta de otro lado, que la inclusión de elementos sensibles de los estudiantes, podría afectar su motivación.
- Tema 5: Completitud del modelo. Fue contextualizado el proceso seguido para generar el producto que los expertos evaluaron. Todos coinciden en que es una propuesta completa, reinciden en sus observaciones brindadas en la primera realimentación.
- Observaciones de cierre: (1) Revisión del modelo abierto. (2) Revisar más en profundidad conceptos como el de competencias. (3) Tener en cuenta cómo conseguir y mantener los datos. (4) Revisar la inclusión de herramientas tipo portafolio que recopilarían evidencias concretas del proceso del estudiante.

1.2 Análisis de la actividad

El proceso de caracterización de los elementos a considerar en un modelo de estudiante ha cumplido hasta el momento con tres instancias de validación, cada una

ellas le ha aportado riqueza en su definición, especificidad y alcance. Particularmente esta actividad, fundamentada en la valoración por parte de expertos en el área ha permitido considerar puntos de vista que contribuyen a alcanzar la integralidad de la propuesta.

La metodología focus group se ha adaptado adecuadamente al proyecto en esta instancia, correspondiendo con la riqueza que ha sido comprobada en diferentes ámbitos. Particularmente, se observa que en este proceso de validación, entre las tareas definidas en teoría, la metodología ha permitido: (1) Obtener realimentación de los participantes sobre preguntas de investigación, (2) Reconocer las experiencias cumplidas por los expertos en diferentes contextos de aplicación dentro de la misma área, (3) Realizar la evaluación inicial de la potencial solución a proponer, basado en el concepto de los expertos (usuarios), (4) Recopilar recomendaciones de lecciones aprendidas, e (5) Identificar potenciales rutas de refinamiento.

El método Delphi, empleado previo al debate permitió obtener un cúmulo de resultados cualitativos, lo que aportó elementos estructurales para el posterior debate y a la vez captar tendencias en los conceptos de los expertos.

Las reflexiones brindadas por los expertos promueven en los investigadores mayor certeza en los ajustes para la categorización de elementos que se propone, haciendo que la propuesta cuente con un amplio respaldo del proceso investigativo con el que se construye.

Referencias

- [1] J. Kontio, *et al.*, "Using the Focus Group Method in Software Engineering: Obtaining Practitioner and User Experiences," 2004, pp. 271-280.
- [2] J. Kontio, *et al.*, "The Focus Group Method as an Empirical Tool in Software Engineering," in *Guide to Advanced Empirical Software Engineering*, F. Shull, *et al.*, Eds., ed London: Springer London, 2008, pp. 93-116.
- [3] H. A. Linstone and M. Turoff, *The Delphi Method: Techniques and Applications*: Addison Wesley; First Edition Edition edition (1975), 2002.

Anexo G

Características de la aplicación de guías de recomendación

1. Características de la aplicación de guías de recomendación

1.1 Síntesis de la metodología de desarrollo

Tomando en cuenta que el sistema a generar contaba con el respaldo de una documentación bien definida (guías de recomendación), se consideró que metodológicamente resultaba adecuado emplear un proceso ágil que garantiza la permanente revisión de lo desarrollado en ciclos cortos e hitos en el avance.

Por lo anterior, se definió emplear la metodología Scrum.

Scrum es un "framework para el desarrollo y sostenimiento de productos complejos" [1], apoyado en la capacidad que el persona de desarrollo trabaje colaborativamente con los clientes a fin de conceptuar periódicamente los requerimientos, verificar avances y remediar oportunamente acciones. Dentro de sus características se destaca como un proceso liviano, simple de entender y robusto para tratar problemas difíciles. Sus pilares han surgido del proceso de control empírico: transparencia, inspección y adaptación.

El framework de Scrum consiste de Scrum teams con roles asociados, eventos, artefactos y reglas. Cada regla conlleva relaciones e interacción con los eventos, roles y artefactos. A su vez, los eventos son: Sprint planning, daily scrum, sprint review y sprint retrospective, que corresponden con levantamiento de requerimientos, revisiones cotidianas de cambios a pequeña escala y revisión por objetivos trazados (ver Figura 1.1).

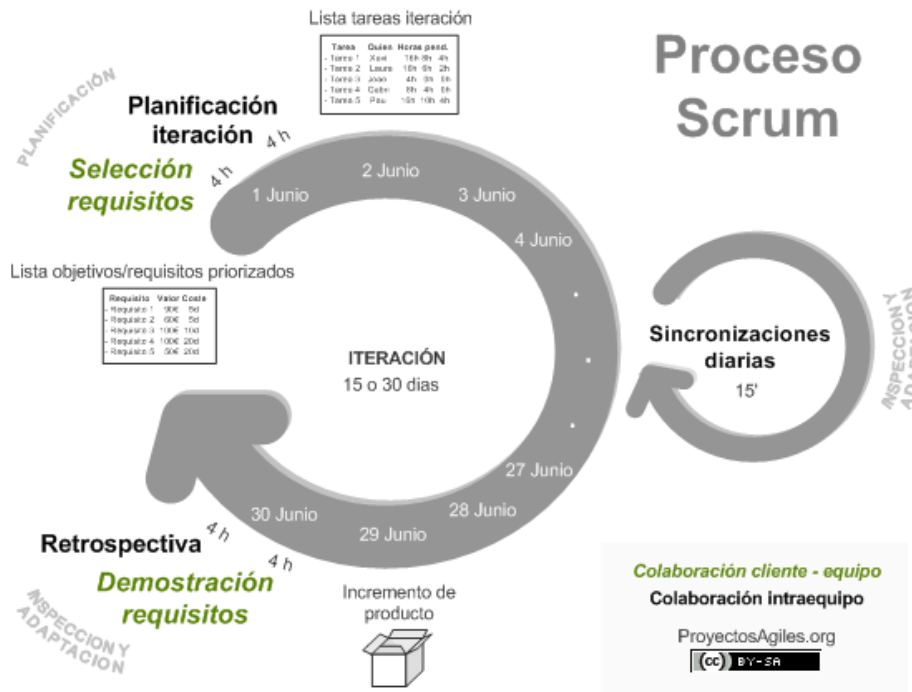


Figura 1.1. El proceso Scrum. Tomada de [2]

Los roles con que opera Scrum son: Product owner, Development team y Scrum master. La dinámica de cada equipo se fundamenta en la labor iterativa e incremental y se sustenta en la optimización de la flexibilidad, creatividad y productividad.

1.1.1 Estructura del proyecto Scrum

El proyecto fue desarrollado a partir de las siguientes definiciones:

Product Owner:	Miguel Angel Mendoza Moreno
Scrum master:	Juan Francisco Mendoza Moreno
Periodo de desarrollo:	de 21 de Enero, 2015- 20 Febrero, 2015
Sprint goal	
Se definió un solo objetivo, fundamentado en el desarrollo de un sistema informático	

para dinamizar el uso de las guías de recomendación provistas.
Sprint planning
<p>Fueron establecidos los siguientes requerimientos funcionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adopción del proceso de modelado de estudiante • Procedimiento de aplicación de las guías de recomendación en correspondencia con la conceptualización y contenido allí expuesto • Integración de la estructura y contenido del Modelo Integral e Estudiante • Síntesis del modelo integral de estudiante recomendado • Síntesis del conjunto de métodos y técnicas recomendados para la configuración adaptativa seleccionada por el usuario (diseñador) • Identificación de roles para los usuarios de las guías de recomendación <p>Adicionalmente se plantearon ciertos requerimientos no funcionales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de interfaces simples que propicien una adecuada experiencia de uso • Seguridad respecto a la conformación de las selecciones del usuario para que evidentemente los resultados (modelo de estudiante, métodos y funciones recomendados) correspondan con las configuraciones brindadas (selecciones basadas en la función adaptativa) • Capacidad de exportación de los resultados • Capacidad de gestión de la estructura y contenido del sistema

Tabla 1.1. Generalidades de la configuración Scrum

1.2 Características tecnológicas de la solución

La solución cuenta con las siguientes características:

- Nombre: Guías de recomendación para el Modelo Integral del Usuario- MIE
- Aplicación web con transaccionalidad a una base de datos alojada en el mismo servidor
- Lenguaje de desarrollo php
- Motor de base de datos: MySQL
- Alojada en un servidor académico
- Generación de interfaces para operaciones CRUD en la base de datos con la herramienta CASE FredyCRUD¹
- Diseño web a partir de plantillas abiertas

¹ FredyCRUD. Generación de interfaces CRUD.

<https://code.google.com/p/fredycrud/wiki/FredyCRUD?ts=1429724353&updated=FredyCRUD>

- La aplicación cuenta con la flexibilidad para adaptar su código a diferentes entornos
- Acceso en mmendoza.co, con contraseñas para libre uso e inspección:
 - User1: tutor, password: tutor
 - User2: revisor, password: revisor

1.3 Despliegue

A continuación se presentan imágenes de la aplicación.



Figura 1.2 Página frontal.

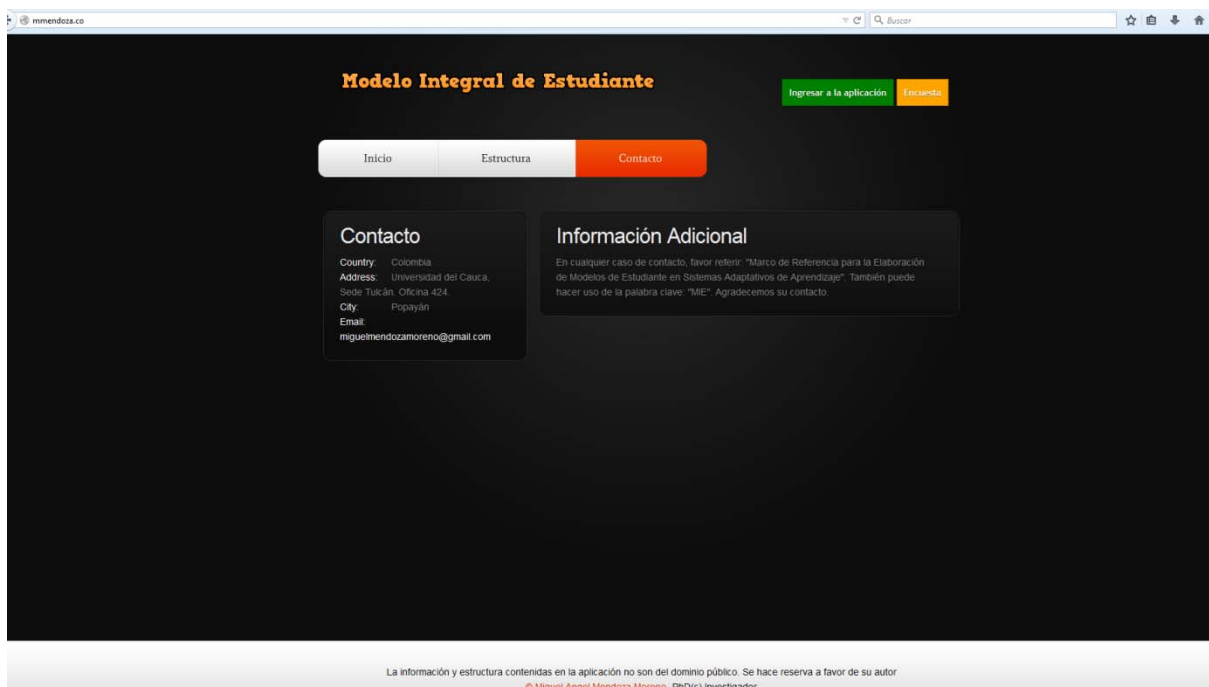


Figura 1.5 Autores de las guías de recomendación.

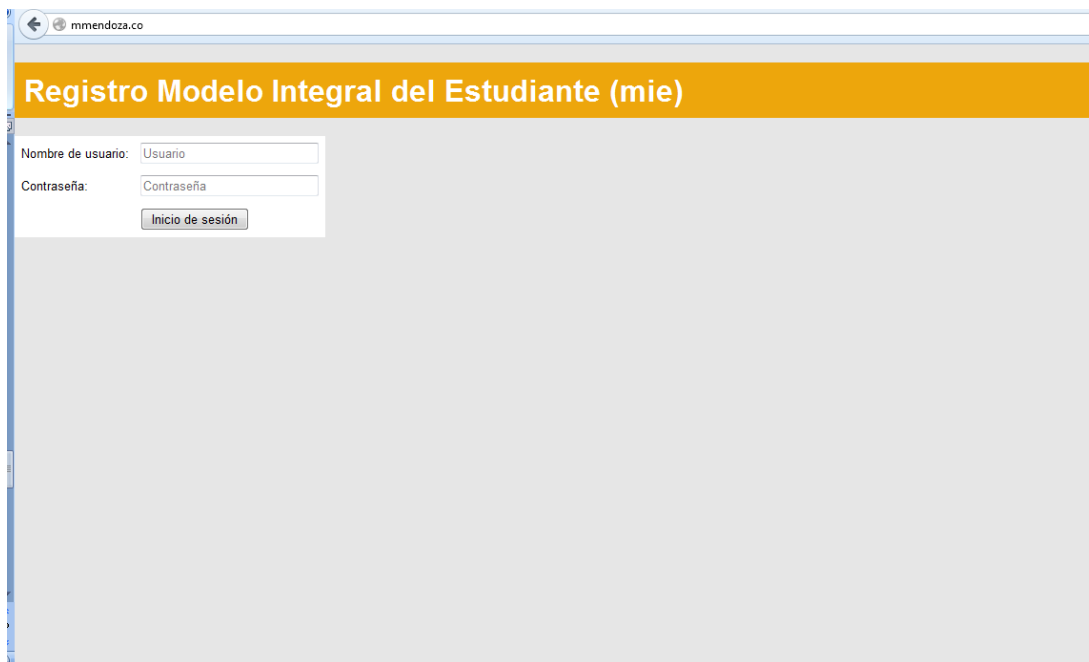


Figura 1.6 Loggin.

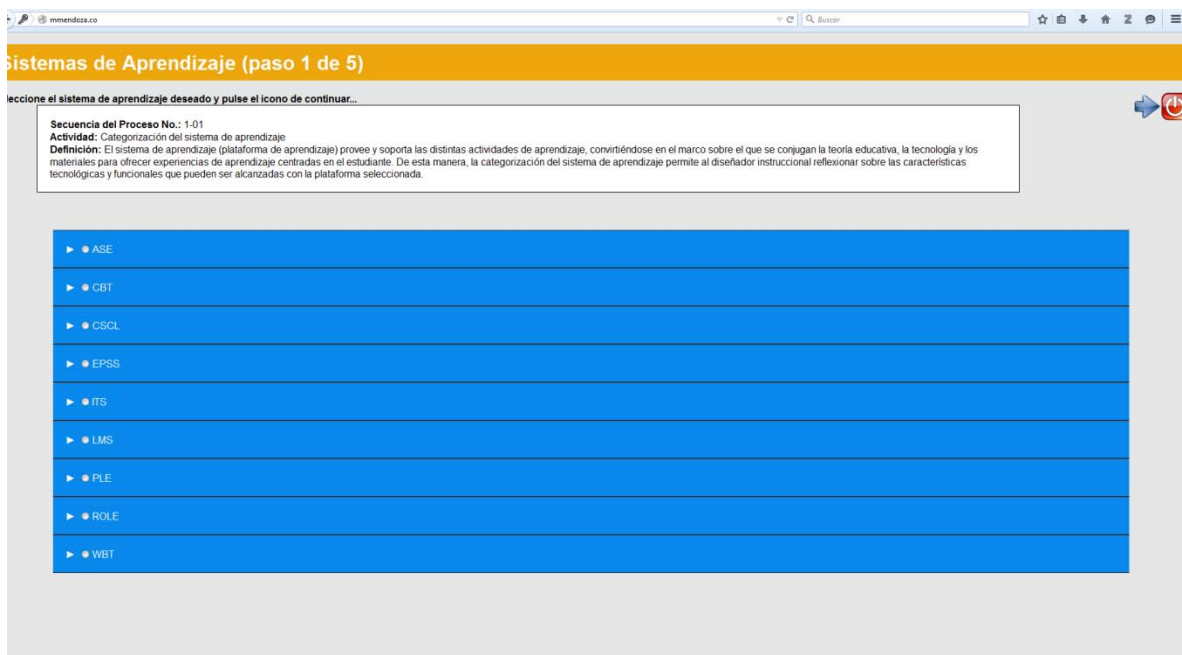


Figura 1.7 Guía de recomendación No. 1.

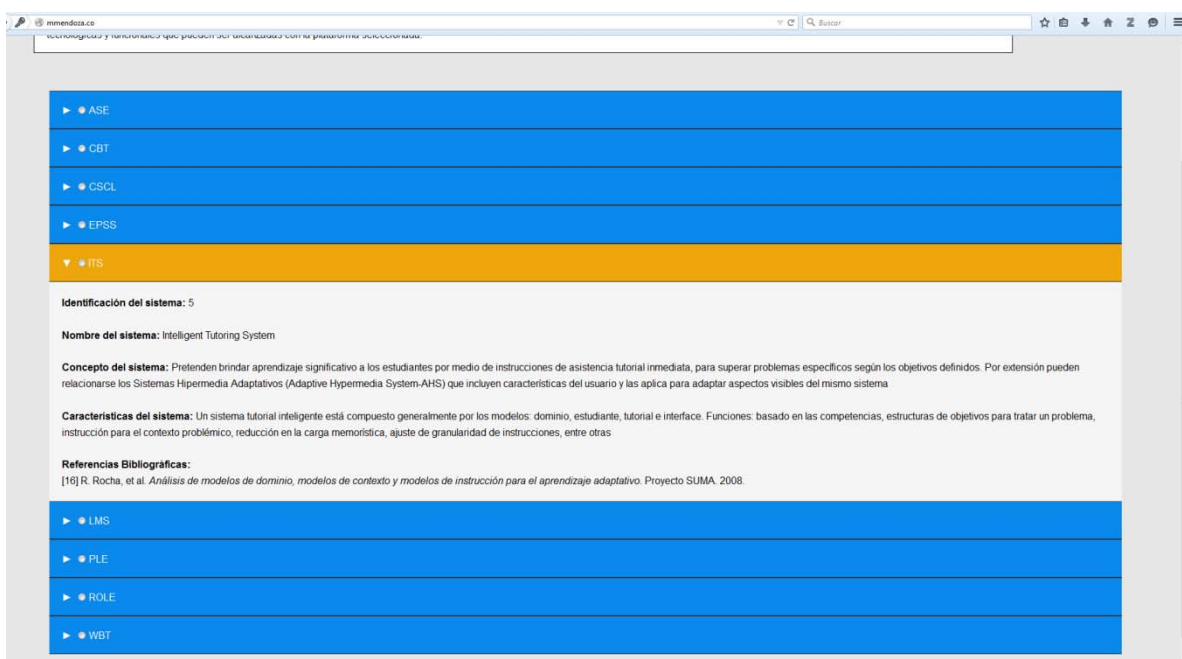


Figura 1.8 Guía de recomendación No. 1, ejemplo.

Características de la aplicación de guías 341



Figura 1.9 Guía de recomendación No. 2.

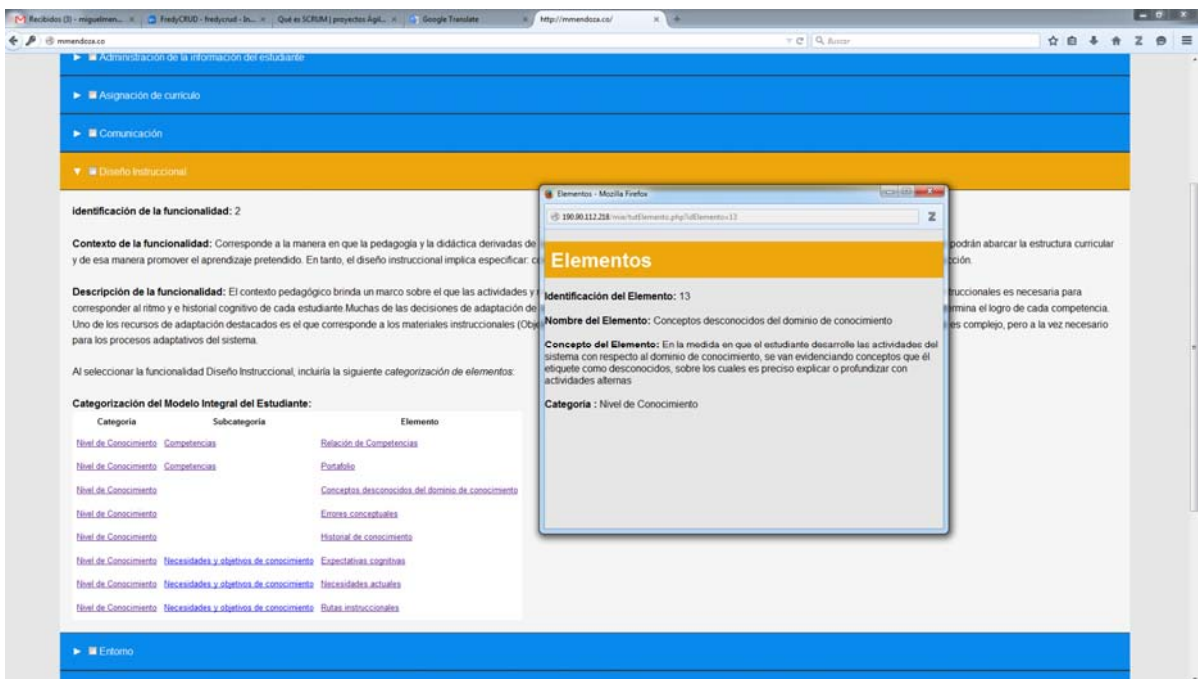


Figura 1.10 Guía de recomendación No. 2, ejemplo.

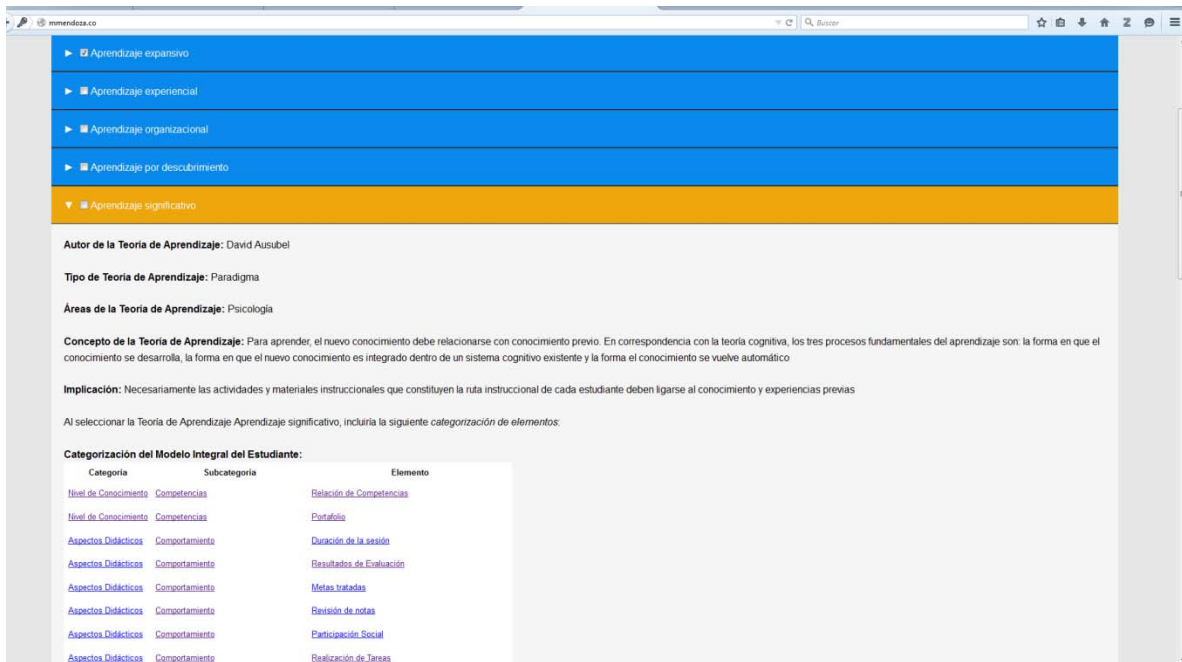


Figura 1.11 Guía de recomendación No. 3.

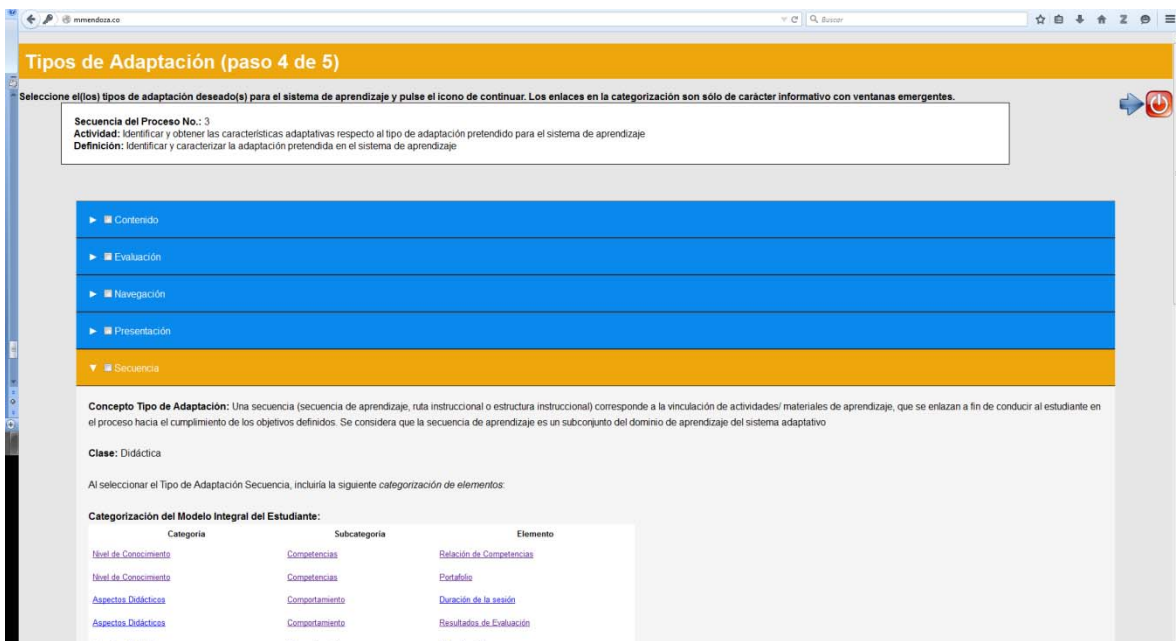


Figura 1.12 Guía de recomendación No. 4.

Características de la aplicación de guías 343

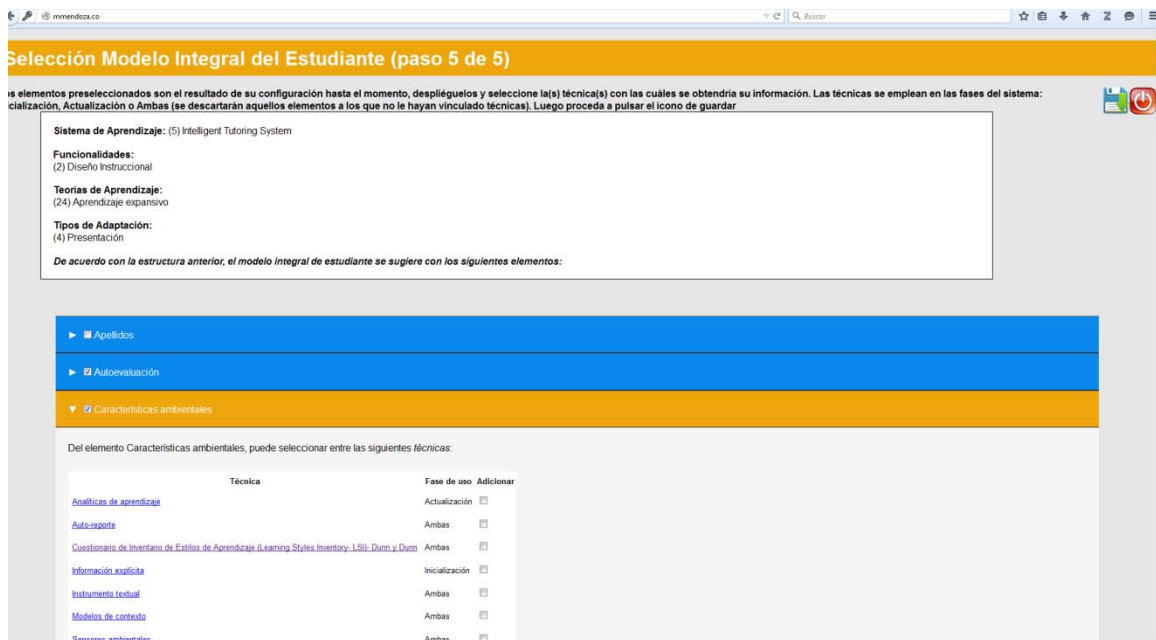


Figura 1.13 Guía de recomendación No. 5.



Figura 1.14 Despliegue de encuesta para valoración.

Referencias

- [1] K. Schwaber and J. Sutherland, "The Scrum Guide™," Scrum.org 2013.
- [2] proyectosagiles.com. (2015, April 21). *Qué es SCRUM*. Available: <http://www.proyectosagiles.org/que-es-scrum>

Anexo H

Características de evaluación de las guías de recomendación

1. Características de evaluación de las guías de recomendación

A partir de la construcción del sistema para desplegar y permitir el uso de las guías de recomendación de elementos en entornos web, fue posible lanzarla para que la comunidad pudiese inspeccionarla y brindar un criterio valorativo.

La evaluación contó con las siguientes características:

- Método: Evaluación por uso de la aplicación.
- Instrumento: Cuestionario online con siete preguntas, empleando tipos de respuesta Si/No, escalas de 1 a 5, selección múltiple y respuesta abierta, incluye espacio de observaciones.
- Población: Comunidad vinculada al uso de sistemas de aprendizaje VLE y particularmente personas que tengan experiencia o dominio en los campos del diseño instruccional, tutoría, pedagogía o implementación de sistemas VLE.
- Muestra: Para establecer la muestra se hicieron cerca de 100 invitaciones directas a personas que correspondían con el perfil poblacional, adicionalmente se usaron invitaciones abiertas por medios masivos como las redes sociales, de modo tal que la muestra quedó constituida por las personas que efectivamente respondieron a la invitación en el periodo especificado de recolección.
- Periodo: 10-23 de Abril de 2015.
- Recursos necesarios para el personal: Acceso a internet

1.1 Instrumento

El instrumento empleado en la evaluación fue una encuesta diseñada en la plataforma google forms (Ver Figura 1.1), cuya URL es https://docs.google.com/forms/d/1PI_Tk_CIEgTw4ZMIZ2THbsUtlEnAXIoKSVUYQw39pos/viewform?c=0&w=1



Cuestionario de Inspección sobre la Aplicación de las Guías de Recomendación MIE

Es valioso contar con su apoyo revisando y valorando un producto de la investigación titulada "Marco de Referencia para la Elaboración de Modelos de Estudiante en Sistemas Adaptativos de Aprendizaje".

Por favor, sólo proceda a responder este cuestionario cuando haya inspeccionado la aplicación Guías de Recomendación- MIE.

Las Guías de Recomendación- MIE han sido desarrolladas para apoyar el Diseño Instruccional centrado en el Modelo de Estudiante, es decir, el proceso seguido para definir el conjunto de características del estudiante, necesarias para suplir procesos adaptativos dentro del planeamiento de un "curso" para una plataforma específica.

***Obligatorio**

Compleitud en la Aplicación *

En las guías de recomendación para estructurar el modelo de estudiante en sistemas de aprendizaje de carácter adaptativo, se ha considerado el aporte de los siguientes temas para su conformación más completa y estructurada: 1) Tipo de Sistema de Aprendizaje, 2) Funcionalidades para el Sistema de Aprendizaje, 3) Teorías de Aprendizaje y 4) Tipos de Adaptación pretendidos.

¿Considera que esto provee completitud al proceso del diseño instruccional centrado en el modelo de estudiante?

1 2 3 4 5

Totalmente incompleto Completo

Complemente su respuesta:

Figura 1.1. Formato de la encuesta.

1.1.1 Estructura del instrumento

El cuestionario contiene los siguientes elementos:

- Encabezado

Cuestionario de Inspección sobre la Aplicación de las Guías de Recomendación MIE

Es valioso contar con su apoyo revisando y valorando un producto de la investigación titulada "Marco de Referencia para la Elaboración de Modelos de Estudiante en Sistemas Adaptativos de Aprendizaje".

Por favor, sólo proceda a responder este cuestionario cuando haya inspeccionado la aplicación Guías de Recomendación- MIE.

Las Guías de Recomendación- MIE han sido desarrolladas para apoyar el Diseño Instruccional centrado en el Modelo de Estudiante, es decir, el proceso seguido para definir el conjunto de características del estudiante, necesarias para suplir procesos adaptativos dentro del planeamiento de un "curso" para una plataforma específica.

Figura 1.2. Encabezado del instrumento.

- Pregunta 1.

Objetivo:	Determinar la completitud en los contenidos y temas tratados en las guías de recomendación
En las guías de recomendación para estructurar el modelo de estudiante en sistemas de aprendizaje de carácter adaptativo, se ha considerado el aporte de los siguientes temas para su conformación más completa y estructurada: 1) Tipo de Sistema de Aprendizaje, 2) Funcionalidades para el Sistema de Aprendizaje, 3) Teorías de Aprendizaje y 4) Tipos de Adaptación pretendidos. ¿Considera que esto provee completitud al proceso del diseño instruccional centrado en el modelo de estudiante?	
Tipo de respuesta:	Escala de 1 (Totalmente incompleto) a 5 (completo)
Pautas de análisis:	Se considera la conformidad del encuestado cuando su respuesta es igual o superior a 3. Una respuesta de 1 no se considera viable por el carácter metódico con que

	fue desarrollado el producto
Observación:	Si lo considera pertinente el encuestado puede complementar su respuesta.

Completitud en la Aplicación *

En las guías de recomendación para estructurar el modelo de estudiante en sistemas de aprendizaje de carácter adaptativo, se ha considerado el aporte de los siguientes temas para su conformación más completa y estructurada: 1) Tipo de Sistema de Aprendizaje, 2) Funcionalidades para el Sistema de Aprendizaje, 3) Teorías de Aprendizaje y 4) Tipos de Adaptación pretendidos. ¿Considera que esto provee completitud al proceso del diseño instruccional centrado en el modelo de estudiante?

1 2 3 4 5

Totalmente incompleto Completo

Complemente su respuesta:

Figura 1.3. Pregunta 1.

- Pregunta 2.

Objetivo:	Determinar si es apreciable la reducción de la complejidad propia de un proceso de modelado de estudiante, por parte de las guías de recomendación
Partiendo del hecho que el proceso propio del diseño instruccional es complejo. ¿Considera que la aplicación generada contribuye a reducir la complejidad en el diseño instruccional centrado en el estudiante?	
Tipo de respuesta:	Si/ No
Pautas de análisis:	Es necesario cruzar esta respuesta con la de la pregunta 7 que determina el perfil del encuestado.
Observación:	N/A

Complejidad del Diseño Instruccional *

Partiendo del hecho que el proceso propio del diseño instruccional es complejo. ¿Considera que la aplicación generada contribuye a reducir la complejidad en el diseño instruccional centrado en el estudiante?

Figura 1.4. Pregunta 2.

- Pregunta 3.

Objetivo:	Determinar si es apreciable la pertinencia de las guías de recomendación para la labor del diseño de modelos de estudiante
¿Considera que la aplicación desarrollada es pertinente para asistir al grupo de diseñadores instruccionales en la conformación adecuada del modelo de estudiante?	
Tipo de respuesta:	Si/ No
Pautas de análisis:	N/ A
Observación:	N/A

Pertinencia de las Guías de Recomendación

¿Considera que la aplicación desarrollada es pertinente para asistir al grupo de diseñadores instruccionales en la conformación adecuada del modelo de estudiante?

Figura 1.5. Pregunta 3.

- Pregunta 4.

Objetivo:	Identificar la experiencia de uso de la aplicación
Por favor seleccione las opciones que mejor describen su experiencia de uso	
<ul style="list-style-type: none"> • La estructura de navegación de la aplicación es intuitiva 	

	<ul style="list-style-type: none"> • La estructura de navegación de la aplicación no es clara • Entendí el propósito de cada actividad/ guía de recomendación • No es claro el propósito de cada actividad/ guía de recomendación • La información en las guías fue precisa y suficiente • La información de las guías es imprecisa e insuficiente • Conozco los conceptos tratados en las guías de recomendación, de forma que no tuve que profundizar en ellos • No conocía muchos de los conceptos, por eso tuve que leer exhaustivamente cada guía • El diseño visual de la guía es adecuado • El diseño visual de la guía amerita ser mejorado • Los resultados de la aplicación son satisfactorios • Los resultados de la aplicación son insatisfactorios
Tipo de respuesta:	Selección múltiple
Pautas de análisis:	Cada aspecto a evaluar está consignado de manera positiva y opuesta.
Observación:	Si el encuestado responde marcando para un mismo criterio su opción positiva y opuesta, es un criterio suficiente para definir no considerar su apreciación en esta pregunta pues refleja un error o respuesta sin reflexión.

Experiencia de Uso

Por favor seleccione las opciones que mejor describen su experiencia de uso

- La estructura de navegación de la aplicación es intuitiva
- La estructura de navegación de la aplicación no es clara
- Entendí el propósito de cada actividad/ guía de recomendación
- No es claro el propósito de cada actividad/ guía de recomendación
- La información en las guías fue precisa y suficiente
- La información de las guías es imprecisa e insuficiente
- Conozco los conceptos tratados en las guías de recomendación, de forma que no tuve que profundizar en ellos
- No conocía muchos de los conceptos, por eso tuve que leer exhaustivamente cada guía
- El diseño visual de la guía es adecuado
- El diseño visual de la guía amerita ser mejorado
- Los resultados de la aplicación son satisfactorios
- Los resultados de la aplicación son insatisfactorios

Figura 1.6. Pregunta 4.

- Pregunta 5.

Objetivo:	Identificar el nivel de satisfacción alcanzado con los resultados de la aplicación
El nivel de satisfacción con la aplicación evaluada/ usada fue:	
Tipo de respuesta:	Escala de 1 (Bajo) a 5 (Alto)
Pautas de análisis:	Se considera insatisfecho en los niveles 1 y 2, medianamente satisfecho en el 3, y satisfecho en los niveles 4 y 5
Observación:	N/ A

Satisfacción con la Aplicación *

El nivel de satisfacción con la aplicación evaluada/ usada fue:

1 2 3 4 5

Bajo Alto

Figura 1.7. Pregunta 5.

- Pregunta 6.

Objetivo:	Identificar el tiempo de uso de la aplicación
El tiempo total empleado para usar la guía fue (unidad: minutos):	
Tipo de respuesta:	Abierta
Pautas de análisis:	Nivel de permanencia en el sistema, lo que demuestra el grado de interacción alcanzado
Observación:	N/A

Tiempo de Uso de la Aplicación *

El tiempo total empleado para usar la guía fue (unidad: minutos):

Figura 1.8. Pregunta 6.

• Pregunta 7.

Objetivo:	Identificar el perfil del encuestado
Por favor seleccione los perfiles que más se ajustan a su experiencia respecto al diseño instruccional <ul style="list-style-type: none"> • Diseñador instruccional- Perfil pedagogo • Diseñador instruccional- Perfil tecnológico • Diseñador instruccional- Asistente informático • Tutor en ambientes virtuales (no diseña, sólo es mediador en el proceso formativo) • Investigador en diseño instruccional y plataformas de aprendizaje • Usuario/ Estudiante de ambientes virtuales 	
Tipo de respuesta:	Selección múltiple
Pautas de análisis:	Su respuesta permite contrastar con las observaciones producidas.
Observación:	

Perfil del Evaluador *

Por favor seleccione los perfiles que más se ajustan a su experiencia respecto al diseño instruccional

- Diseñador instruccional- Perfil pedagogo
- Diseñador instruccional- Perfil tecnológico
- Diseñador instruccional- Asistente informático
- Tutor en ambientes virtuales (no diseña, sólo es mediador en el proceso formativo)
- Investigador en diseño instruccional y plataformas de aprendizaje
- Usuario/ Estudiante de ambientes virtuales

Figura 1.9. Pregunta 7.

- Observaciones

Objetivo:	Obtener realimentación
A continuación puede compartir las observaciones que considere necesarias. De antemano muchas gracias por su valiosa colaboración. Si desea conocer los resultados del proceso, puede escribir a miguelmendozamoreno@gmail.com	
Tipo de respuesta:	Abierta
Pautas de análisis:	Valoración del contenido
Observación:	

Observaciones finales

A continuación puede compartir las observaciones que considere necesarias. De antemano muchas gracias por su valiosa colaboración. Si desea conocer los resultados del proceso, puede escribir a miguelmendozamoreno@gmail.com

Figura 1.10. Observaciones.

1.1.3 Resultados

Al cierre del periodo de observación, se contabilizaron 33 registros de encuestados, con las siguientes respuestas:

Aplicación Guías de Recomendación MIE	Personas
Sin sugerencia	16
Incluir documentación: glosarios, manuales	6
Posibilidad de agregar más items	1
Es necesario el acompañamiento de un pedagogo	1
Muy buena herramienta, los items son los apropiados	8
Preocupación por la aplicación posterior al mie	1

Aplicación Guías de Recomendación MIE

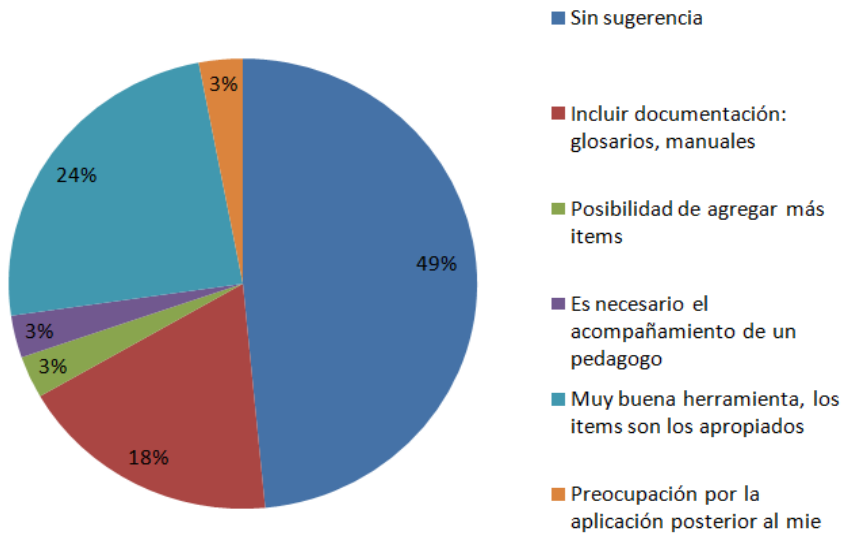


Figura 1.11. Resultado aplicación de las guías de recomendación.

Complejidad en la Aplicación	Personas
Excelente	20
Muy bueno	11
Bueno	2
Regular	0
Deficiente	0

Complejidad en la Aplicación

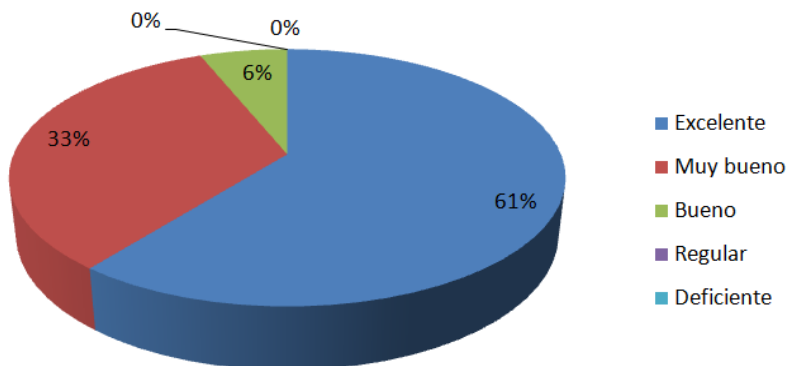


Figura 1.12. Resultado complejidad.

Reduce la Complejidad del Diseño Instruccional	Personas
Si	30
No	3

Reduce la Complejidad en el Diseño Instruccional

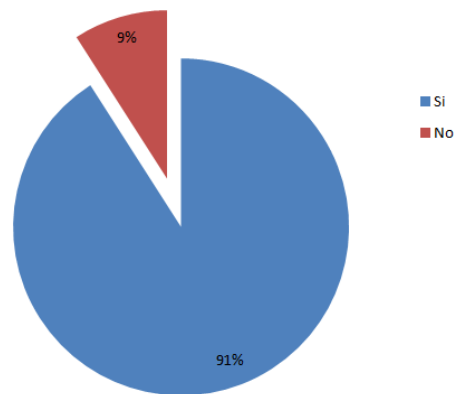


Figura 1.13. Resultado reducción de complejidad.

Pertinencia de las Guías de Recomendación	Personas
Si	30
No	3

Pertinencia de las Guías de Recomendación

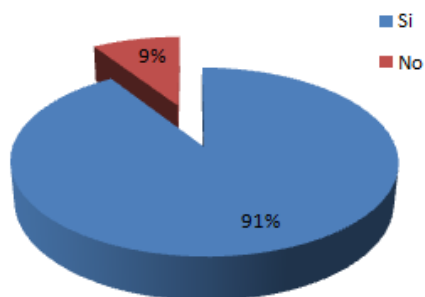


Figura 1.14. Resultado pertinencia de las guías de recomendación.

Experiencia de Uso	Personas	%
Conozco los conceptos tratados en las guías de recomendación de forma que no tuve que profundizar en ellos	12	36
El diseño visual de la guía amerita ser mejorado	7	21
El diseño visual de la guía es adecuado	23	70
Entendí el propósito de cada actividad/ guía de recomendación	20	61
La estructura de navegación de la aplicación es intuitiva	31	94
La información en las guías fue precisa y suficiente	25	76
Los resultados de la aplicación son insatisfactorios	27	82
No conocía muchos de los conceptos por eso tuve que leer exhaustivamente cada guía	19	58
No es claro el propósito de cada actividad/ guía de recomendación	9	27



Figura 1.15. Resultado experiencia de uso.

Tiempo de Uso de la Aplicación	Personas
Menos de 30 minutos	25
Entre 30 minutos y 1 hora	5
Más de 1 hora	3

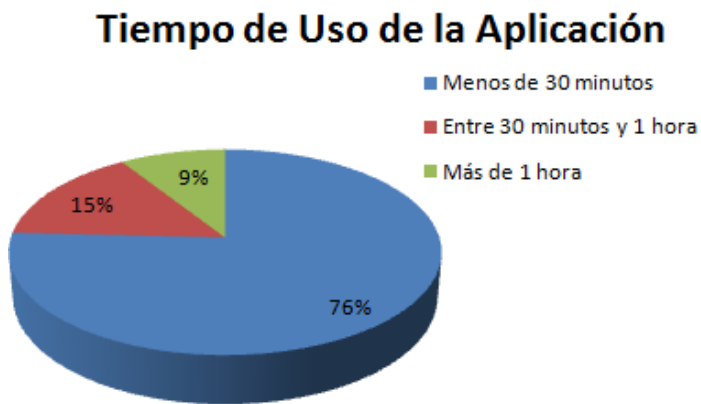


Figura 1.16. Resultado tiempo de uso de la aplicación.

Satisfacción con la Aplicación	Personas
Muy satisfecho	11
Satisfecho	17
Conforme	4
Medianamente conforme	1
Inconforme	0

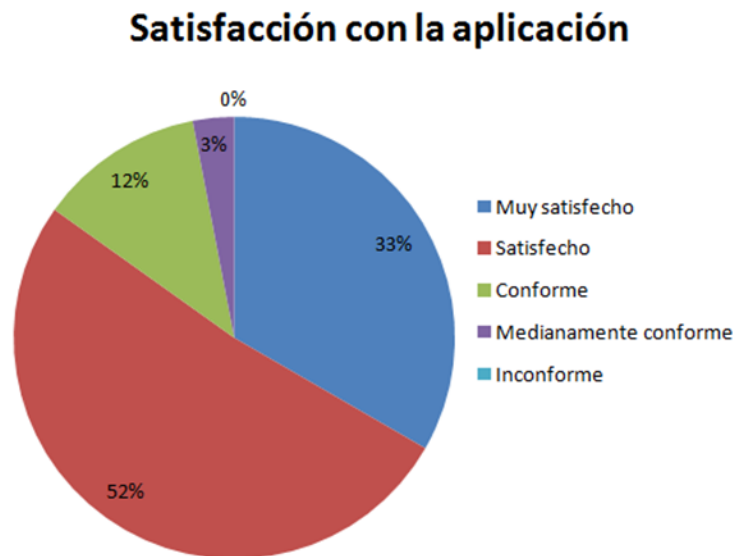


Figura 1.17. Resultado satisfacción con la aplicación.

Perfil	Personas	%
Diseñador instruccional- Asistente informático	9	27
Diseñador instruccional- Perfil pedagogo	19	58
Diseñador instruccional- Perfil tecnológico	3	9
Investigador en diseño instruccional y plataformas de aprendizaje	12	36
Usuario/ Estudiante de ambientes virtuales	15	45
Tutor en ambientes virtuales (no diseña sólo es mediador en el proceso formativo)	14	42

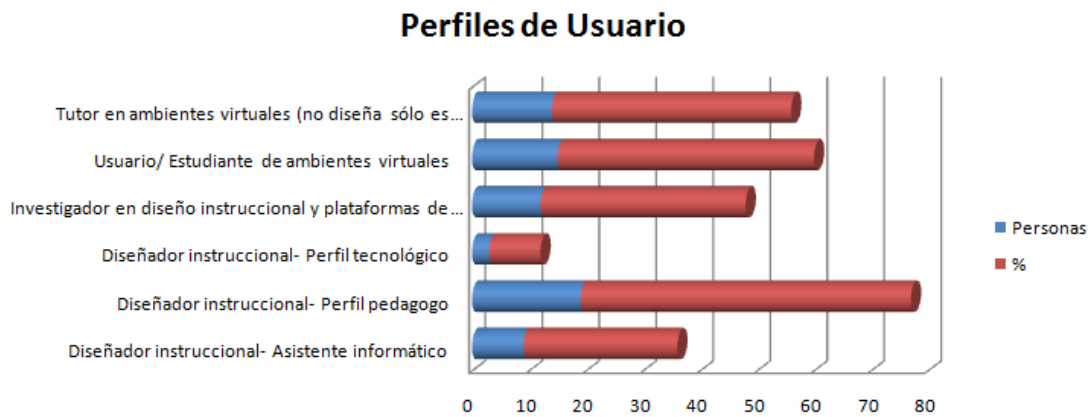


Figura 1.18. Resultado perfiles de usuarios.

Anexo I

Características de la implementación tecnológica

1.1 Objetivo del estudio de caso

Evaluar el grado de aplicabilidad y definición del marco de referencia para guiar la elaboración de Modelos de Estudiante en Sistemas Adaptativos de Aprendizaje por medio de un estudio de caso caracterizado por los siguientes criterios:

- Debe preverse el tratamiento sobre un sistema de aprendizaje VLE
- Debe identificarse una población objeto de estudio conformada por un curso y su tutor, debidamente matriculados dentro de un programa académico
- Deben identificarse características/ requerimientos adaptativas para el curso y particularmente en un módulo
- Deben desarrollarse/ ajustarse materiales educativos siguiendo principios del diseño instruccional para tal fin
- Debe hacerse la planificación para el uso de la solución

Por lo anterior se determinó:

- Identificación de la población conformada por los estudiantes de metodología de la investigación de la Universidad del Cauca y fueron seleccionados como muestra dos grupos, el primero del programa de Ingeniería de Sistemas, bajo la tutoría de la ingeniera Carolina González y el segundo del programa de Ingeniería Telemática del ingeniero Diego López
- Como características adaptativas fueron definidos los niveles de contenidos y secuencias, de manera que cada estudiante sea receptor de procesos de adaptación respecto al módulo de su curso, a partir de la identificación y uso de sus perfiles
- Se fijó la restricción al uso de técnicas invasivas
- Los tutores definieron el módulo de tratamiento al dominio de conocimiento y a la vez proveyeron los materiales y actividades que usualmente emplean para tratarlo
- La aplicación se cumpliría en un periodo por especificar entre los meses de marzo y abril de 2014
- Los tutores aceptan conformidad y se comprometen a dar a conocer a los estudiantes los alcances del proyecto y la posibilidad de ser tratada su información personal para fines eminentemente investigativos y de manera reservada

1.2 Estructura de la solución

En virtud de lo anterior el grupo de investigación en Inteligencia Computacional de la Universidad del Cauca posibilitó la asistencia en el desarrollo de este proyecto a nivel investigativo, por parte del estudiante Néstor Fabián Peña, bajo la dirección de Miguel Angel Mendoza Moreno y co-dirección de Carolina González, el que se encuentra documentado en la referencia [1] y del que se hará uso de algunos apartados para efectos de explicar su implicación dentro de la presente tesis.

1.2.1 Uso del marco de referencia

A partir de las condiciones del caso de estudio, el tratamiento del problema fue abordado empleando el Proceso de Modelado de Estudiante (ver Sección 4.4), que integra el marco de referencia y del cual su uso se sintetiza a continuación.

1.2.1.1 Actividad 1: Identificación del Objetivo y contexto para el sistema de aprendizaje

- ¿Qué pretende el sistema de aprendizaje?

El sistema de aprendizaje rigurosamente debe ser el LMS Moodle, por las siguientes razones: (1) a nivel institucional es la plataforma que se emplea, (2) los estudiantes siempre han interactuado con esta plataforma en complemento a su actividad académica, (3) dando por hecho que es necesario realizar adecuaciones tecnológicas, Moodle es una plataforma open source ¹, lo que garantiza cierto nivel de flexibilidad tecnológica para extender sus funcionalidades.

Al aplicar la guía de recomendación No.1 (Anexo E)², la selección permite obtener la información que contextualiza al sistema de aprendizaje con el concepto y características, adicionalmente ofrece referencias a otras fuentes para profundizar en la temática, si es requerido.

¹ Moodle <https://moodle.org/>

² Aplicación Guías de recomendación para el MIE <http://mmendoza.co>

Sistemas de Aprendizaje (paso 1 de 5)

Seleccione el sistema de aprendizaje deseado y pulse el icono de continuar...

Secuencia del Proceso No.: 1-01
Actividad: Categorización del sistema de aprendizaje
Definición: El sistema de aprendizaje (plataforma de aprendizaje) provee y soporta las distintas actividades de aprendizaje, convirtiéndose en el marco sobre el que se conjugan la teoría educativa, la tecnología y los materiales para ofrecer experiencias de aprendizaje centradas en el estudiante. De esta manera, la categorización del sistema de aprendizaje permite al diseñador instruccional reflexionar sobre las características tecnológicas y funcionales que pueden ser alcanzadas con la plataforma seleccionada.

▶ ASE
▶ CBT
▶ CSCL
▶ EPSS
▶ HIS
▼ LMS

Identificación del sistema: 4

Nombre del sistema: Learning Management System

Concepto del sistema: Sistemas de Gestión de Aprendizaje, son plataformas genéricas que permiten administrar tanto la información como actividades para el acompañamiento de la instrucción. Aunque su función está guiada al proceso instruccional, es posible adscribir en esta categoría sistemas de generación y administración de contenidos como los Sistemas Administradores de Cursos (Course Management System-CMS), Sistema de Gestión de Contenidos de Aprendizaje (Learning Content Management System-LCMS), Entornos de Aprendizaje Gestionado (Managed Learning Environment- MLE), Sistemas de Soporte al Aprendizaje (Learning Support System-LSS), Cursos Online Abiertos y Masivos (Massive Open Online Courses- MOOCs)

Características del sistema: Suple funciones de administración, seguimiento, documentación, reporte y provisión de materiales instruccionales. Del lado CMS, las funciones de desarrollo, reutilización, publicación e integración de recursos

Referencias Bibliográficas:
[14] M. N. Escobar Guzmán and F. Gómez Jaramillo. Comentarios propositivos sobre la teoría crítica. E-mail Educativo, Currículo y Medios Tecnológicos, 2008. Pág. 14, v.1
[15] Educause. Massive Open Online Course (MOOC). <http://www.educause.edu/library/massive-open-online-course-mooc>. 2015.

▶ PLE

Figura 1.1. Identificación del tipo de sistemas de aprendizaje empleando las guías de recomendación.

De otro lado, el proceso de modelado de estudiante conduce al uso de la segunda guía de recomendación, que pretende identificar y contextualizar las funcionalidades deseadas para el sistema de aprendizaje. En tal sentido el sistema despliega la interfaz de la Figura 1.2, en la cual fue seleccionada la función "Provisión de materiales de aprendizaje", en correspondencia con el requerimiento para el estudio de caso.

Funcionalidades (paso 2 de 5)

Seleccione la(s) funcionalidad(es) deseada(s) para el sistema de aprendizaje y pulse el icono de continuar. Los enlaces en la categorización son sólo de carácter informativo con ventanas emergentes.

Secuencia del Proceso No.: 1-02
Actividad: Identificación de las funcionalidades y la implicación adaptativa para el sistema de aprendizaje
Definición: Las funcionalidades del sistema de aprendizaje brindan un mayor acercamiento en la definición de las implicaciones adaptativas. A continuación solo se presentan funcionalidades que directamente vinculan las características del estudiante para los fines adaptativos, entre tanto se dejan de lado otras funcionalidades, como las de tipo administrativo, de diseño del sistema, interoperabilidad, persistencia, rendimiento, que no son menos importantes, pero para los fines del estudio no resultan siendo relevantes

- ▶ Administración de la información del estudiante
- ▶ Asignación de currículo
- ▶ Comunicación
- ▶ Diseño instruccional
- ▶ Entorno
- ▶ Entornos de juegos sociales (Social gaming environments)
- ▶ Evaluación
- ▶ Movilidad
- ▼ **Provisión de materiales de aprendizaje**

Identificación de la funcionalidad: 3

Contexto de la funcionalidad: Hace referencia a la capacidad del sistema para hacer accesible a los estudiantes el conjunto de objetos de aprendizaje

Descripción de la funcionalidad: Involucra el aspecto tecnológico debido a la provisión de materiales que se desplegarán en correspondencia con las características del contexto del estudiante (capacidades sensoriales, condiciones de las plataformas teleinformáticas para el acceso, entre otros)

Al seleccionar la funcionalidad Provisión de materiales de aprendizaje, incluiría la siguiente categorización de elementos:

Categorización del Modelo Integral del Estudiante:

Figura 1.2. Identificación del tipo de sistemas de aprendizaje empleando las guías de recomendación.

Dicha guía presenta para la Funcionalidad "Provisión de materiales de aprendizaje" un subconjunto de la taxonomía MIE con los elementos (y sus categorías y sub-categorías), con la posibilidad de obtener mayores precisiones de cada uno, tal como lo muestra la Figura 1.3.

La taxonomía fue:

Categorización a partir del Modelo Integral de Estudiante	
<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos didácticos <ul style="list-style-type: none"> o Errores y dificultades procedimentales - Características psicológicas y físicas <ul style="list-style-type: none"> o Disposiciones afectivas o Estado personal o Estilos de aprendizaje o Hábitos - Interacción con el sistema <ul style="list-style-type: none"> o Capacidad, experticia y destreza de uso o Entorno del sistema o Tipo de información - Nivel de Conocimiento <ul style="list-style-type: none"> o Competencias o Conceptos desconocidos del dominio o Errores conceptuales 	

Es cotidiano que los docentes de las asignaturas integradas al caso de estudio (Metodología de la Investigación en la Universidad del Cauca) empleen esquemas formativos tipo blended learning, de forma que la interacción con contenidos se cumpla por medio de la citada plataforma educativa y los espacios de presencialidad se usen con didácticas de investigación- acción.

Al aplicar la guía de recomendación No. 2 del Anexo E (tal como lo sugiere el proceso de modelado de estudiante del marco de referencia), se presenta la relación de 32 teorías de aprendizaje a disposición de la selección, que despliegan información conceptual y de Implicaciones adaptativas, necesarias para guiar la decisión del diseñador (Ver Figura 1.4).

Teorías de Aprendizaje (paso 3 de 5)

Seleccione la(s) teoría(s) deseada(s) para el sistema de aprendizaje y pulse el icono de continuar. Los enlaces en la categorización son sólo de carácter informativo con ventanas emergentes.

Secuencia del Proceso No.: 2
Actividad: Identificar las características adaptativas derivadas de las teorías de aprendizaje que soportan el proceso pedagógico para el sistema de aprendizaje
Definición: Caracterizar el soporte al proceso adaptativo que brindan las teorías de aprendizaje

- ▶ Aprendizaje en doble ciclo
- ▶ Aprendizaje expansivo
- ▶ Aprendizaje experiencial
- ▶ Aprendizaje organizacional
- ▶ Aprendizaje por descubrimiento
- ▶ Aprendizaje significativo
- ▶ Aprendizaje situacional
- ▶ Comunidades de práctica
- ▶ Conductismo radical
- ▶ Conectivismo
- ▶ Construccionismo
- ▶ Constructivismo
- ▶ Constructivismo expresivo
- ▶ Constructivismo radical
- ▶ Constructivismo social
- ▶ Educación de Montessori

Figura 1.4. Despliegue de elementos a recomendar para la funcionalidad.

Para el estudio de caso y en correspondencia con los tutores, fue seleccionado el paradigma del "Aprendizaje por Descubrimiento", debido a que es una "Técnica fundamentada en el aprendizaje basado en la investigación. La práctica en el descubrimiento de uno mismo enseña a adquirir información de una manera más viable en la resolución de problemas. Definido como Aprender haciendo". Al integrar

esta Teoría de Aprendizaje a las selecciones para la definición del modelo de estudiante, implicará que "Las tareas de aprendizaje por descubrimiento pueden cubrir el rango desde la detección de patrones implícitos, hasta la elicitación de explicaciones y trabajo a través de manuales para conducir simulaciones. Un caso específico de aplicación corresponde cuando el estudiante no está provisto de una respuesta puntual sino la identificación de materiales que lo conducen a obtenerla por sí mismo. En este propósito, el estudiante debe soportarse siempre en su propia experiencia y conocimiento previo. Dentro de los métodos instruccionales aplicables está la exploración y manipulación de objetos, trabajando sobre preguntas y controversias o experimentos" (textos tomados directamente de las guías de recomendación). Ver Figura 1.5.

Autor de la Teoría de Aprendizaje: Jerome Bruner, Jean Piaget, Seymour Papert

Tipo de Teoría de Aprendizaje: Paradigma

Áreas de la Teoría de Aprendizaje: Lingüística, Psicología

Concepto de la Teoría de Aprendizaje: Técnica fundamentada en el aprendizaje basado en la investigación. La práctica en el descubrimiento de uno mismo enseña a adquirir información de una manera más viable en la resolución de problemas. Definido como Aprender haciendo

Implicación: Las tareas de aprendizaje por descubrimiento pueden cubrir el rango desde la detección de patrones implícitos, hasta la elicitación de explicaciones y trabajo a través de manuales para conducir simulaciones. Un caso específico de aplicación corresponde cuando el estudiante no está provisto de una respuesta puntual sino la identificación de materiales que lo conducen a obtenerla por sí mismo. En este propósito, el estudiante debe soportarse siempre en su propia experiencia y conocimiento previo. Dentro de los métodos instruccionales aplicables está la exploración y manipulación de objetos, trabajando sobre preguntas y controversias o experimentos

Al seleccionar la Teoría de Aprendizaje Aprendizaje por descubrimiento, incluiría la siguiente categorización de elementos:

Categorización del Modelo Integral del Estudiante:

Categoría	Subcategoría	Elemento
Áreas Didácticas		Realimentación
Nivel de Conocimiento		Concepciones alternativas del aprendizaje asociativo
Nivel de Conocimiento		Errores conceptuales
Nivel de Conocimiento		Metodología de aprendizaje
Nivel de Conocimiento	Competencias	Relación de Competencias
Nivel de Conocimiento	Competencias	Estadío
Áreas Didácticas	Comportamiento	Duración de la sesión
Áreas Didácticas	Comportamiento	Resultados de Evaluación
Áreas Didácticas	Comportamiento	Materiales
Áreas Didácticas	Comportamiento	Relación de roles
Áreas Didácticas	Comportamiento	Participación-Interés
Áreas Didácticas	Comportamiento	Realización de Tareas
Áreas Didácticas	Comportamiento	Toma de notas
Áreas Didácticas	Comportamiento	Tiempo de desarrollo de la actividad
Técnicas Didácticas	Intervenciones educativas	Clases
Nivel de Conocimiento	Necesidades y objetivos de aprendizaje	Elementos cognitivos
Nivel de Conocimiento	Necesidades y objetivos de aprendizaje	Necesidades actitudinales
Nivel de Conocimiento	Necesidades y objetivos de aprendizaje	Objetos instruccionales

Figura 1.5. Despliegue de contexto y elementos a recomendar para la teoría de aprendizaje.

- Cite las razones por las que considera necesaria la personalización para suplir los fines del sistema de aprendizaje

En el contexto del estudio de caso, las razones que fundamentan el requerimiento adaptativo corresponden a la necesidad de brindar materiales educativos ajustados a las características del estudiante, de manera que se produzca mayor receptividad y comodidad en el desarrollo de las actividades propias del módulo en la asignatura,

en virtud que el conjunto de materiales resultan "pesados" para su procesamiento al ser provistos en forma común.

- Describa el tipo de estudiante al que está guiado su sistema de aprendizaje

Como se precisó previamente, los estudiantes pertenecen al entorno universitario, ubicados entre el cuarto y sexto semestre académico. El primer grupo estaba integrado por 23 estudiantes y el segundo por 19, en la asignatura Metodología de la Investigación. Todos los estudiantes se caracterizan por contar con suficiente experiencia de interacción con el sistema de aprendizaje, debido a que es la plataforma empleada institucionalmente para brindar acompañamiento en la mayoría de cursos impartidos. A nivel del desarrollo biológico pueden considerarse como Jóvenes. En la inspección, no se constató la presencia de limitaciones físicas, mentales o psicológicas que promovieran el uso de técnicas especializadas para la interacción del usuario.

1.2.1.2 Actividad 2: Identificación de la estructura conceptual del dominio de conocimiento (o de competencias), rutas instruccionales y materiales de aprendizaje

- ¿Cuál es la estructura de conocimientos, rutas instruccionales y materiales académicos requeridos en el sistema? (Área, Unidades temáticas, Temas)/ Competencias, rutas instruccionales y OVA's

Los docentes proveyeron la siguiente información, al igual que material de aprendizaje:

- Módulo temático: El método científico.
- Objetivo didáctico: Enseñanza del Método Científico a partir de experiencias vivenciales
- Duración: 2 sesiones
- Unidades de logro:
 - El estudiante identifica actividades y las conceptualiza para describir el método científico

- El estudiante muestra capacidad para establecer un procedimiento investigativo para un caso particular, sustentado en el método científico
- Actividades:
 - Utilización de métodos expositivos, lecturas y videos para explicar la teoría del Método Científico
 - Ejemplo Práctico
 - El profesor plantea unas hipótesis
 - Los estudiantes en grupos siguen el método científico para validar/refutar la hipótesis
 - El resultado esperado no se orienta en gran parte hacia si realmente se comprobó la validez de la hipótesis planteada o no, sino a la adecuada aplicación del método científico que permitirá al estudiante ser mejor investigador
 - Ejemplos:
 - Hipótesis. Emociones positivas expresadas a través de la risa son una buena herramienta para el estrés
 - Hipótesis: Es posible identificar el género humano utilizando huellas de sus manos. (La Hembra tenía Mano en la Prehistoria)
 - Materiales: se incluyeron videos, diapositivas, lecturas, lecturas con imágenes, archivos de audio, URL's y fragmentos de textos académicos escaneados.
- Identifique el diseño didáctico en correspondencia con la estructura previa

En conjunto con los docentes se diseñó la siguiente estrategia didáctica:

- El docente de forma presencial hará la presentación e introducción a la temática, identificando saberes previos de los estudiantes

- Los estudiantes procederán a registrarse en la plataforma y obtendrán los materiales de aprendizaje (ajustados a cada perfil) para abarcar el segmento conceptual del módulo
- A nivel de evaluación formativa, el docente aplicará una evaluación para determinar el nivel conceptual alcanzado
- Finalización de la primera sesión
- En forma presencial el docente proveerá realimentación al grupo sobre las evidencias de la evaluación presentada
- El docente procederá a desarrollar las actividades de ejemplos prácticos
- El docente dejará un estudio de caso para que los estudiantes lo traten desde el método científico

1.2.1.3 Actividad 3: Definir los tipos de adaptación pretendidos para los estudiantes

El proceso de modelado de estudiante para esta actividad, presenta el siguiente cuestionamiento: ¿Cuáles niveles de adaptación son pretendidos en el sistema?. Complemente su respuesta haciendo uso de la Guía de Recomendación No. 3 (contenida en el Anexo E).

La aplicación de la guía de recomendación permite elegir entre cinco tipos de adaptación, y para el caso, fueron seleccionadas la Adaptación de Contenido y la Adaptación de Secuencia, tal como se verifica en la Figura 1.6.

Concepto Tipo de Adaptación de Contenido. Pertenece a la Clase: Didáctica. Para la adaptación de contenido, en el sistema de aprendizaje se selecciona, genera o modifican los contenidos que se asocian al estudiante, los cuales incluyen texto, imágenes, audio, vídeo, navegación, interacción o cualquier objeto. De esta manera los materiales instruccionales son sujeto de modificación entre un estudiante u otro con relación a las características particulares base de la adaptación. Las razones por las que se adapta el contenido obedecen a las diferencias individuales en cuanto a la generación de conocimiento y habilidades entre estudiantes (equidad y accesibilidad).

Concepto Tipo de Adaptación de Secuencia. Pertenece a la Clase: Didáctica. Una secuencia (secuencia de aprendizaje, ruta instruccional o estructura instruccional) corresponde a la vinculación de actividades/ materiales de aprendizaje, que se enlazan a fin de conducir al estudiante en el proceso hacia el cumplimiento de los objetivos definidos. Se considera que la secuencia de aprendizaje es un subconjunto del dominio de aprendizaje del sistema adaptativo.

Tipos de Adaptación (paso 4 de 5)

seleccione el/los tipos de adaptación deseado(s) para el sistema de aprendizaje y pulse el icono de continuar. Los enlaces en la categorización son sólo de carácter informativo con ventanas emergentes.

Secuencia del Proceso No.: 3
 Actividad: Identificar y obtener las características adaptativas respecto al tipo de adaptación pretendido para el sistema de aprendizaje
 Definición: Identificar y caracterizar la adaptación pretendida en el sistema de aprendizaje

- ▶ Contenido
- ▶ Evaluación
- ▶ Navegación
- ▶ Presentación
- ▼ **Secuencia**

Concepto Tipo de Adaptación: Una secuencia (secuencia de aprendizaje, ruta instruccional o estructura instruccional) corresponde a la vinculación de actividades/ materiales de aprendizaje, que se enlazan a fin de conducir al estudiante en el proceso hacia el cumplimiento de los objetivos definidos. Se considera que la secuencia de aprendizaje es un subconjunto del dominio de aprendizaje del sistema adaptativo

Clase: Didáctica

Al seleccionar el Tipo de Adaptación Secuencia, incluiría la siguiente categorización de elementos:

Categorización del Modelo Integral del Estudiante:

Categoría	Subcategoría	Elemento
Nivel de Conocimiento		Conocimientos desestructurados del dominio de conocimiento
Nivel de Conocimiento		Estrategias de aprendizaje
Nivel de Conocimiento		Historial de aprendizajes
Nivel de Conocimiento	Competencias	Búsqueda de Competencias
Nivel de Conocimiento	Competencias	Portafolio
Aspecto Didáctico	Diseño instruccional	Diseño de la sesión
Aspecto Didáctico	Comportamiento	Resultados de Evaluación
Aspecto Didáctico	Comportamiento	Materiales de aprendizaje
Aspecto Didáctico	Comportamiento	Revisión de notas
Aspecto Didáctico	Comportamiento	Participación Social
Aspecto Didáctico	Comportamiento	Realización de Tareas

Figura 1.6. Despliegue de contexto y elementos a recomendar para los tipos de adaptación.

1.2.1.4 Identificar las categorías y elementos para el modelo de estudiante

El proceso de modelado sugiere asistirse de la Guía de Recomendación No. 4 para la definición de categorías y elementos (contenida en el Anexo E). En tal sentido, la aplicación muestra la síntesis de las selecciones realizadas hasta el momento y

despliega el conjunto de elementos del MIE, dejando en modo de pre-selección los relacionados con la configuración de recomendación (Ver Figura 1.7).

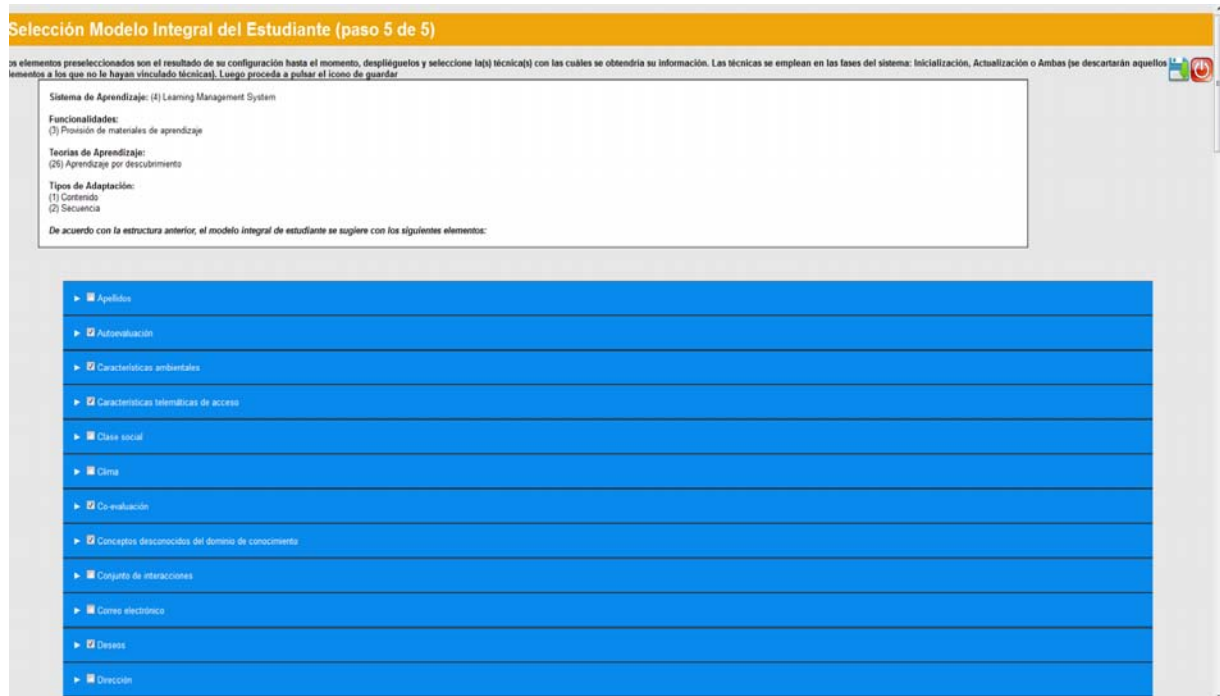


Figura 1.7. Despliegue de elementos y selección de técnicas.

1.2.1.5 **Identificar los métodos y técnicas, y la fase del proceso de modelado en que se emplearán para abastecer de información al modelo de estudiante**

- Considere la Guía de Recomendación No. 5 para la definición de los métodos y técnicas recomendados para caracterizar los elementos del modelo de estudiante.

Ahora se evidencia por cada elemento un conjunto de técnicas que podrán ser tomadas a discreción del diseñador. Para el estudio de caso se presentaron 57 elementos preseleccionados, de manera que en conjunto con los docentes se especificó guiar el proceso adaptativo únicamente por medio de los Estilos de Aprendizaje (Ver Figura 1.8).

Del elemento Estilos de Aprendizaje, puede seleccionar entre las siguientes técnicas:

Técnica	Fase de uso	Adicional
Cuestionario Aproximaciones y Estudio del Inventario de Destrezas para Estudiantes (Approaches and Study Skills Inventory for Students- ASSIST)	Ambas	<input checked="" type="checkbox"/>
Cuestionario Aproximaciones al Inventario de Estudio (The Approaches to Study Inventory- ASI)	Ambas	<input checked="" type="checkbox"/>
Cuestionario CHAEA	Ambas	<input checked="" type="checkbox"/>
Cuestionario de Análisis de Estilos Cognitivos (Cognitive Styles Analysis- CSA)- Riding	Ambas	<input checked="" type="checkbox"/>
Cuestionario de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Questionnaire-LSQ)	Ambas	<input checked="" type="checkbox"/>
Cuestionario de Índice de Estilo Cognitivo (The Cognitive Style Index- CSI)	Ambas	<input checked="" type="checkbox"/>
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Styles Inventory-LSI)- Dunn y Dunn	Ambas	<input checked="" type="checkbox"/>
Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Inventory-LSI)- Kolb	Ambas	<input checked="" type="checkbox"/>
Cuestionario Índice de Estilos de Aprendizaje (Index of Learning Styles-ILS)	Ambas	<input checked="" type="checkbox"/>
Cuestionario VARK	Ambas	<input checked="" type="checkbox"/>
Instrumento textual	Ambas	<input type="checkbox"/>
Modelos de análisis computacional	Actualización	<input type="checkbox"/>
Patrones de comportamiento	Actualización	<input type="checkbox"/>

Técnicas - Mozilla Firefox
 esalud.unicauca.edu.co/mie/tutTecnica.php?idTecnica=20

Técnicas

Identificación de la Técnica: 20

Nombre de la Técnica: Cuestionario Índice de Estilos de Aprendizaje (Index of Learning Styles-ILS)

Concepto de la Técnica: Instrumento empleado para evaluar las preferencias en cuatro dimensiones: activo/reflexivo, sensible/intuitivo, visual/verbal, y secuencial/global, definidas por Felder y Silverman

Referencias Bibliográficas:
 [68] R. M. Felder and L. K. Silverman. *Learning and Teaching Styles in Engineering Education*. Engineering Education, vol. 78. 1988. Pág. 674-681
 [69] R. M. Felder and L. K. Silverman. *Index of Learning Styles (ILS)*.
<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/ILSPage.html>. 1988.

Figura 1.8. Despliegue de elementos y selección de técnicas.

En el caso particular, los docentes manifestaron su intención de guiar la adaptación basada en todas las técnicas posibles a nivel de instrumentos de diagnóstico que tuvieran reportes de confiabilidad y validez. En esta línea se realizó la selección.

La aplicación genera automáticamente el reporte del Modelo de Estudiante conformado y seleccionado por el diseñador, luego de surtir un proceso metódico de para su diseño por medio de las guías de recomendación. el reporte para este caso puede apreciarse en la Figura 1.9.



Configuración del Sistema de Aprendizaje para el MIE

Selección: 1 (2015-04-26 18:47:29)

Identificación Tutor: 1
 Nombre del Tutor: tutor
 email del Tutor: tutor@unicauca.edu.co
 Usuario del Tutor: tutor

Sistema de Aprendizaje: (4) Learning Management System - LMS

Funcionalidad: (3) Provisión de materiales de aprendizaje

Teorías de Aprendizaje

Identificación	Nombre	Autor	Tipo
26	Aprendizaje por descubrimiento	Jerome Bruner, Jean Piaget, Seymour Papert	Paradigma

Tipo de Adaptación: (1) Contenido [Didáctica]

Tipo de Adaptación: (2) Secuencia [Didáctica]

Modelo de Estudiante:

Categoría	Subcategoría	Elemento	Técnica	Fase de uso
Características Psicológicas	Estilos de aprendizaje	(52) Estilos de Aprendizaje	Cuestionario Aproximaciones y Estudio del Inventario de Destrezas p	Ambas
Características Psicológicas	Estilos de aprendizaje	(52) Estilos de Aprendizaje	Cuestionario Aproximaciones al Inventario de Estudio (The Approache	Ambas
Características Psicológicas	Estilos de aprendizaje	(52) Estilos de Aprendizaje	Cuestionario CHAEA	Ambas
Características Psicológicas	Estilos de aprendizaje	(52) Estilos de Aprendizaje	Cuestionario de Análisis de Estilos Cognitivos (Cognitive Styles A	Ambas
Características Psicológicas	Estilos de aprendizaje	(52) Estilos de Aprendizaje	Cuestionario de Estilos de Aprendizaje (Learning Style Questionnair	Ambas
Características Psicológicas	Estilos de aprendizaje	(52) Estilos de Aprendizaje	Cuestionario de Índice de Estilo Cognitivo (The Cognitive Style In	Ambas
Características Psicológicas	Estilos de aprendizaje	(52) Estilos de Aprendizaje	Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Styl	Ambas
Características Psicológicas	Estilos de aprendizaje	(52) Estilos de Aprendizaje	Cuestionario de Inventario de Estilos de Aprendizaje (Learning Styl	Ambas
Características Psicológicas	Estilos de aprendizaje	(52) Estilos de Aprendizaje	Cuestionario Índice de Estilos de Aprendizaje (Index of Learning S	Ambas
Características Psicológicas	Estilos de aprendizaje	(52) Estilos de Aprendizaje	Cuestionario VARK	Ambas

Figura 1.9. Reporte del Modelo de Estudiante definido para el estudio de caso.

1.2.1.6 **Seleccionar e implementar el esquema de representación para el modelo de estudiante**

El proceso de modelado de estudiante recomienda: "Tenga en cuenta que hasta el momento ha sido posible establecer un modelo conceptual en referencia a los elementos del modelo de estudiante. Ahora este modelo debe ser representado tecnológicamente para que opere dentro del sistema de aprendizaje. Para tal fin puede seleccionarse una estructura como modelos ontológicos, sistema de bases de datos o cualquier otra para el tratamiento de datos".

Para tal fin fue desarrollado una base de datos que trata la totalidad del modelo que conceptualmente define el MIE. De esta manera, la base de datos estará en posibilidad de almacenar cada instancia (perfil) de representación de características para cada estudiante. La base de datos fue implementada en MySQL 5.0. A continuación se relacionan los diagramas conceptual, lógico y físico, respectivamente.

1.2.1.7 *Ajustar las reglas de diagnóstico y caracterización de las creencias derivadas para el modelo*

En esta actividad se dan las precisiones respecto a la creación de reglas para inferir características no explícitas y ajustar la lógica del sistema para que el motor de adaptación opere con la información caracterizada y definida en el modelo de estudiante.

De esta manera, ahora se procede a dar a conocer las precisiones de implementación de la solución tecnológica sobre Moodle.

1.3 *Implementación de la solución tecnológica para el estudio de caso*

La aplicación del marco de referencia para guiar la elaboración de modelos de estudiante en sistemas adaptativos de aprendizaje, ha permitido obtener relevantes productos, con los que considera adquirida la información de los requerimientos del sistema, de manera que se ha establecido: (1) el tipo de sistema de aprendizaje a emplear, (2) el conjunto de funcionalidades para el sistema, (3) las teorías de aprendizaje que soportarán pedagógicamente al sistema, (4) los tipos de adaptación pretendidos, (5) los elementos constitutivos del modelo de estudiante y (6) las técnicas necesarias para alimentar los elementos del modelo. De otro lado, se han identificado la planeación didáctica, los materiales educativos y su momento de uso.

Por lo anterior, se dio inicio con un proceso de investigación documental, guiado a identificar los modelos de estilos de aprendizaje, instrumentos, procesos de diagnóstico y estudios de validez y confiabilidad. Todo ello fue relacionado para filtrar los instrumentos que efectivamente estarían al alcance de la implementación, los cuales fueron tomados de 8 modelos (Allison y Hayes, Biggs, Entwistle y Tait, Felder y Silverman, Fleming y Mills, Grasha y Riechmann, Honey y Mumford, Alonso, Gallego y Honey) con 8 instrumentos en total. Esto permitió identificar que, por un lado la solución tecnológica debería propender por implementar el acceso a los

diferentes instrumentos y luego diagnosticar basado en el procedimiento identificado; y de otro lado usar la información del diagnóstico generado para integrarla al proceso de recomendación de materiales educativos.

Así, se analizaron respecto a cada modelo de estilos de aprendizaje, las implicaciones de recomendación, definiendo que estos modelos sirven para determinar la proclividad del estudiante para usar materiales educativos con cierto formato, tipo de contenido y modalidad de uso (individual o grupal). Estas tres características fueron determinantes para relacionar cada estilo de aprendizaje diagnosticado con la probabilidad de recomendar cada tipo, para luego proceder a constituir las respectivas redes bayesianas (Ver Figuras 1.10 y 1.11).

Instrumento -->	vark		vark		vark		vark	
Estilo -->	Nivel	visual	Nivel	auditivo	Nivel	lectura/escritura	Nivel	kinestesico
text	B	0.0571429	B	0.057142857	A	0.29714286	B	0.05714286
image	A	0.2304762	M	0.097142857	B	0.05714286	M	0.09714286
audio	B	0.0571429	A	0.297142857	M	0.09714286	A	0.23047619
video	A	0.2304762	A	0.297142857	M	0.09714286	A	0.23047619
application	M	0.0971429	M	0.097142857	B	0.05714286	A	0.23047619
more_text_than_images	M	0.0971429	B	0.057142857	A	0.29714286	B	0.05714286
more_images_than_text	A	0.2304762	M	0.097142857	M	0.09714286	M	0.09714286
Total As	3	1	2	1	2	1	3	1
Total Ms	2		3		3		2	
Total Bs	2		2		2		2	

Casos	Cantidad
A	3
M	2
B	2
Total casos	7

Ponderaciones a asignar	Ponderacion
A	0.23047619
M	0.097142857
B	0.057142857
Total ponderaciones * casos (debe sumar 1)	

Figura 1.10. Ejemplo de generación de probabilidades para el instrumento VARK.
Tomado de [1].

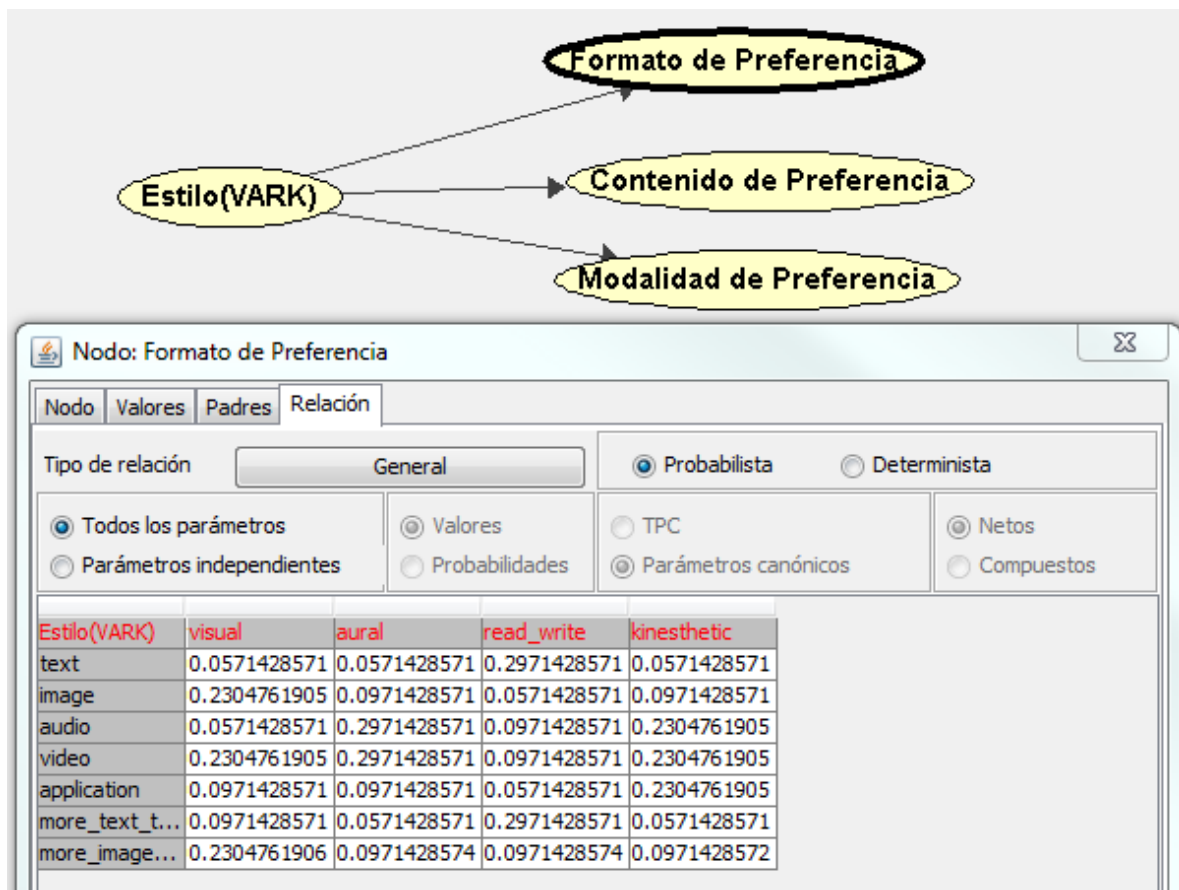


Figura 1.11. Ejemplo de asignación de probabilidades a la red bayesiana para el instrumento VARK. Tomado de [1].

1.3.1 Desarrollo de la solución

El desarrollo da inicio con el levantamiento de requerimientos funcionales y no funcionales, el análisis de roles para el sistema y la identificación de las características de Moodle para posibilitar la extensión e integración. La metodología extreme Programming [2] enmarca los ciclos incrementales de desarrollo.

La Figura 1.12 muestra la arquitectura de la solución, de manera que se implementaron dos servicios web, uno para proveer el diagnóstico de estilos de aprendizaje y otro la recomendación de materiales educativos. Del lado de la plataforma se hizo necesario desarrollar dos plugins a nivel de bloque con el objetivo de controlar la presentación y transaccionalidad con cada servicio web. La comunicación se parametrizó con tramas XML.

A nivel técnico, el servicio web de recomendación contaba con: persistencia en una base de datos MySQL (Ver Figura 1.12), la disposición de los instrumentos y el gestor de comunicación. Entre tanto, el servicio web de recomendación integraba la lógica operativa de las redes bayesianas para determinar los materiales y peso para ser provistos al estudiante (los materiales corresponderían a la adaptación de contenido y la jerarquización u ocultamiento de ellos corresponderían a las secuencias de la ruta instruccional de cada estudiante). Demás aspectos del diseño tecnológico se verifican en las Figuras 1.13, 1.14, 1.15 y 1.16.

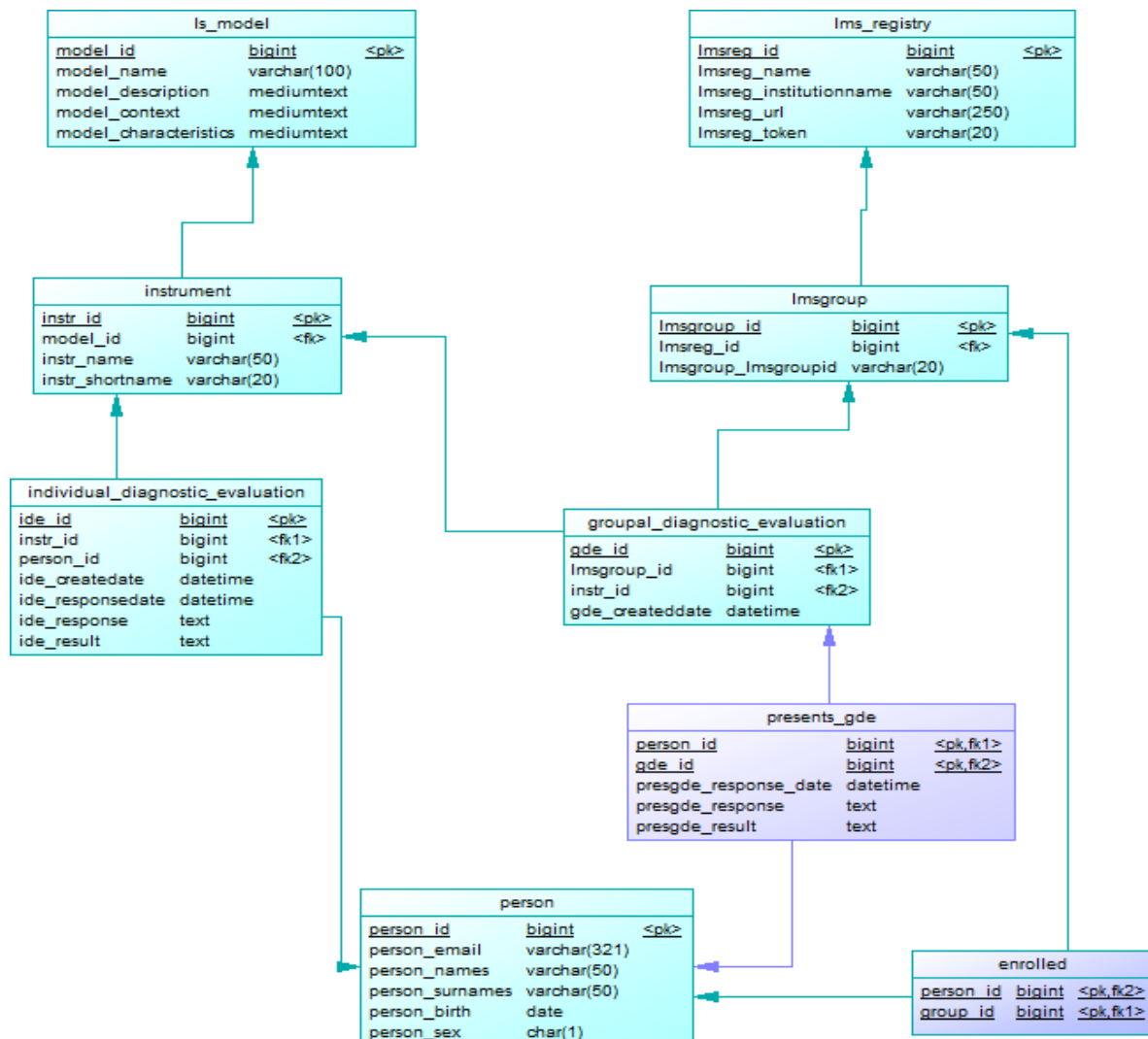


Figura 1.12. Modelo Relacional del servicio de diagnóstico. Tomado de [1].

Es importante destacar que para cada material de aprendizaje debió cumplirse un procedimiento de diseño, ya que era necesario dotarlos con metadatos, para que en

la comunicación con el servicio web de recomendación fuese posible establecer el tratamiento a cada material para cada estudiante.

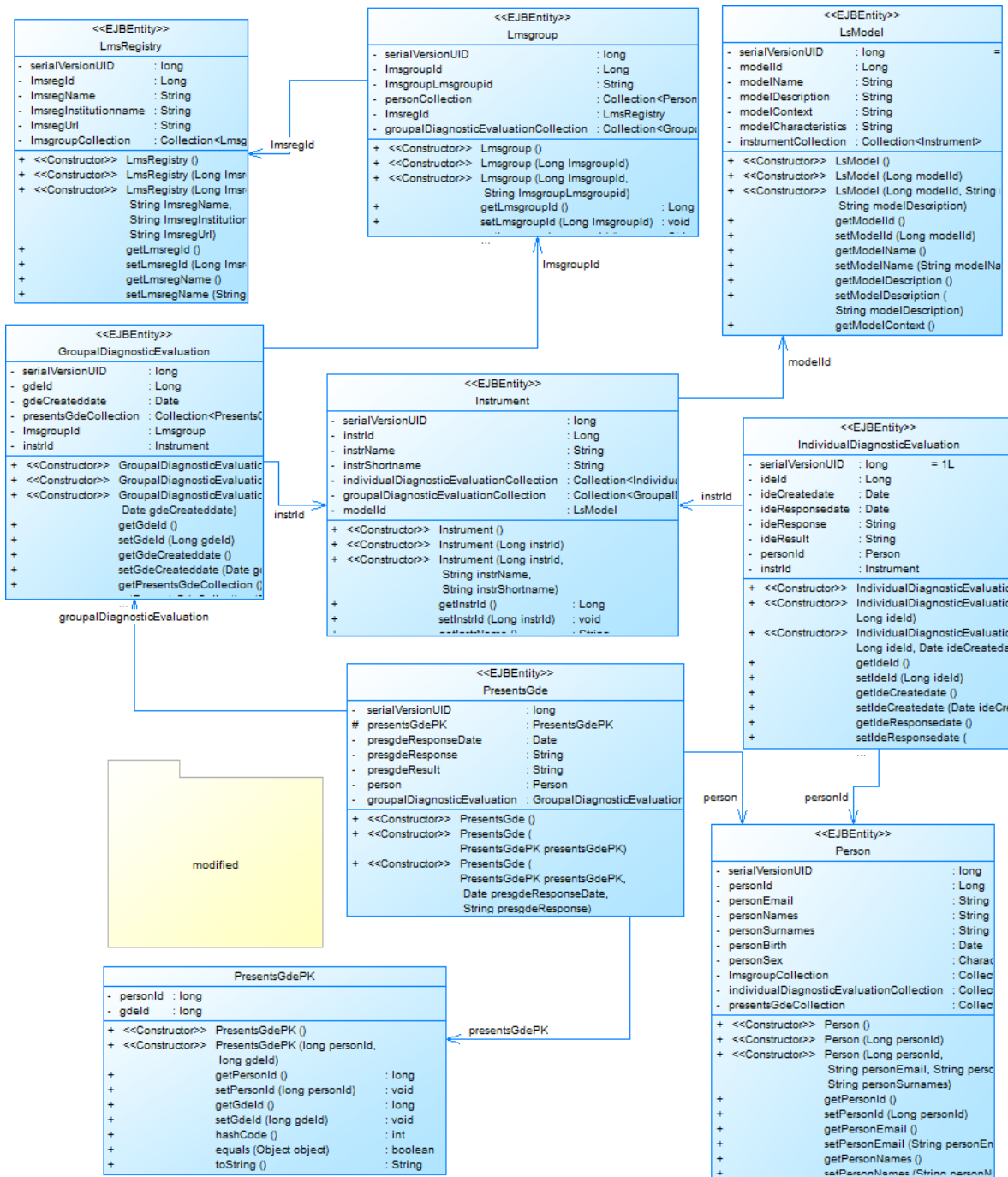


Figura 1.13. Diagrama de clases de entidades del servicio de diagnóstico. Tomado de [1].

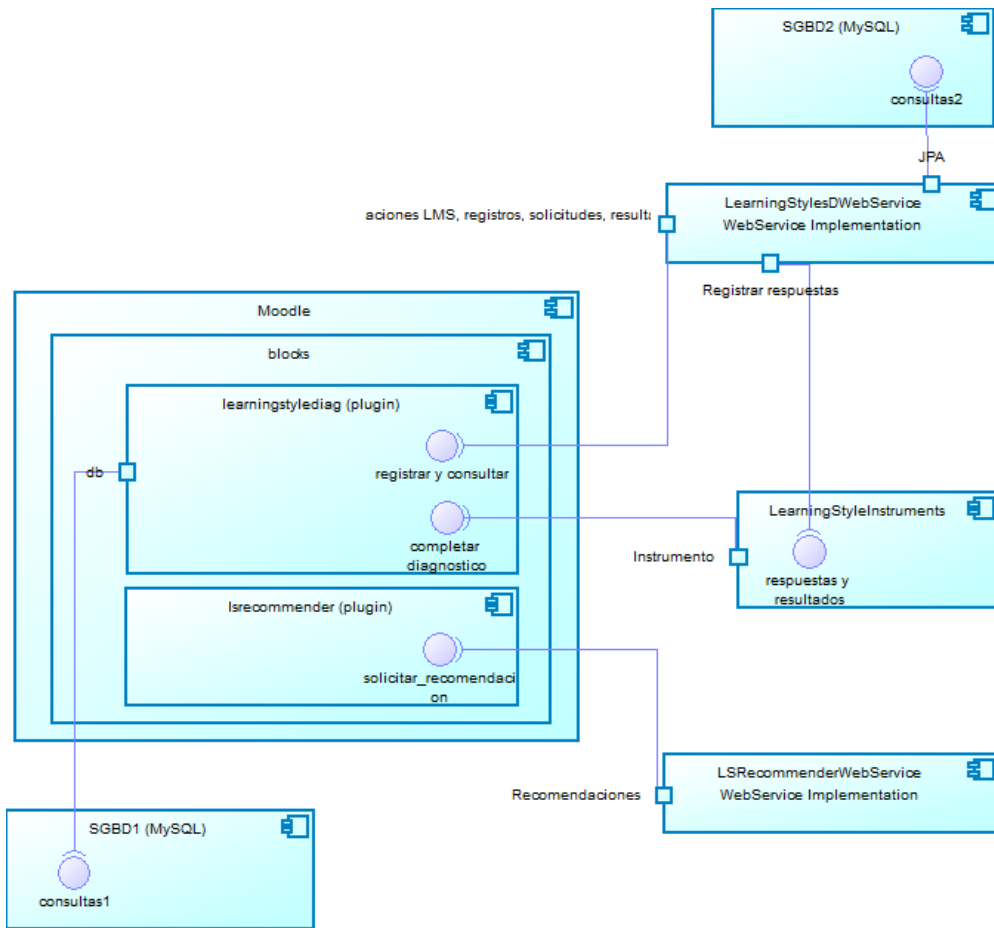


Figura 1.14. Diagrama de componentes del sistema completo. Tomado de [1].

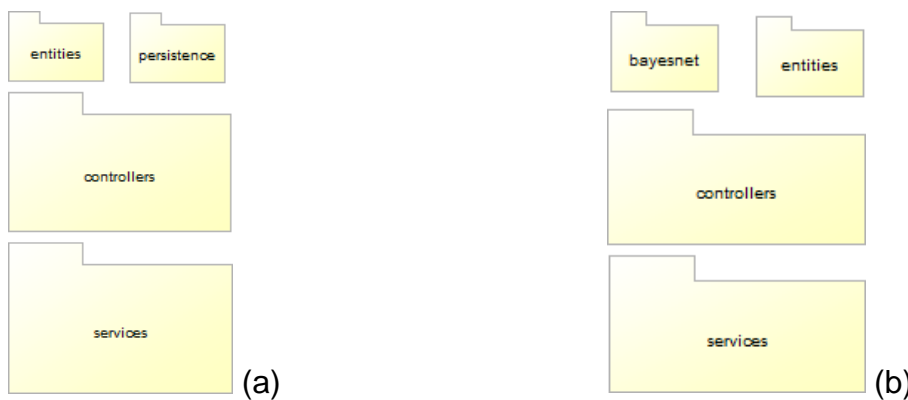


Figura 1.15. Diagrama de clases (a) servicio de diagnóstico y (b) servicio de recomendación. Tomado de [1].

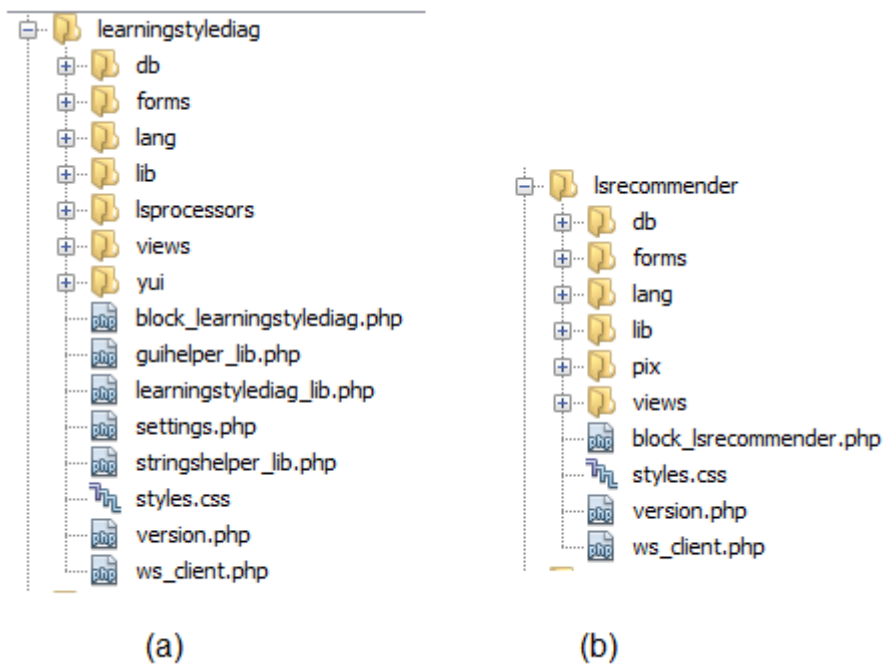


Figura 1.16. Estructura bloques Moodle™ (a) bloque de diagnóstico y (b) bloque de recomendación. Tomado de [1].

Respecto al despliegue, el usuario no debería realizar acciones diferentes a las que está acostumbrado en la plataforma Moodle. De esta manera, el tutor dispondría de una actividad más para seleccionar dentro de su galería y ésta le proveería información conceptual respecto a cada modelo e instrumento (Ver Figura 1.17), para que él seleccionara el requerido, de manera que el servicio web recibiera la solicitud y proveyera el instrumento como actividad del curso a cada uno de los estudiantes inscritos. Por su parte cada estudiante al ingresar al curso encontraría como primera actividad el instrumento seleccionado por su tutor (Ver Figura 1.18), procedería a darle tratamiento y su información fluiría al servicio de diagnóstico para generar la realimentación con la especificación del estilo de aprendizaje diagnosticado (esta información se visualiza para el estudiante y se genera el reporte para el tutor simultáneamente), ver Figuras 1.20 y 1.21.

Otra actividad del planeamiento instruccional del tutor es la disposición de materiales de aprendizaje en la plataforma, para la cual requeriría adicionar información (metadatos), ver Figura 1.19, la cual era enviada junto con el estilo de aprendizaje diagnosticado, hacia el servicio de recomendación. Así al estudiante le aparecerían los materiales a tratar diferentes en contenidos y secuencias, respecto a otros compañeros.

Selección de instrumento

Modelo de Estilo de Aprendizaje: **Modelo de Intuición-Análisis de Allison y Hayes**

Modelo de Biggs
Modelo de enfoques de aprendizaje de Entwistle y Tait
Modelo Felder-Silverman de estilos de aprendizaje
Modelo VARK
Modelo Grasha-Riechmann
Modelo Honey y Mumford

Descripción: El Índice de Modelos de Intuición-Análisis de Allison y Hayes, en un esfuerzo para poner en funcionamiento el estilo cognitivo para el uso en el área de gestión. Se centra en la dimensión de la intuición, con una tendencia a la rápida toma de decisiones basada en el sentimiento y la adopción de una perspectiva global. La orientación del cerebro izquierdo se caracteriza por el análisis en que las decisiones son el resultado de un razonamiento lógico centrado en los detalles.

Estilos:
* Analítico
* Intuitivo

Contexto: Fue diseñado para ser utilizado principalmente con grupos gerenciales y profesionales, pero también se ha aplicado con éxito con los estudiantes y los empleados no gerenciales. Se debería usar principalmente en entornos donde se relacione la personalidad y el trabajo en equipo

Características: Se busca:
* Mejorar el ajuste persona-trabajo
* Mejorar de la eficacia de la formación
* Mejora de la composición del equipo
* Mejorar las relaciones interpersonales dentro de los equipos
* Mejorar el desempeño de tareas de los individuos dentro de los equipos

Instrumentos (Seleccione uno para aplicar al curso actual): **Aplicar Cognitive Style Index (CSI)**

Cancelar

Solicitudes de diagnóstico actuales para este curso

Instrumento	Modelo	Fecha Solicitud
Index of Learning Styles	Modelo Felder-Silverman de estilos de aprendizaje	domingo, 16 de marzo de 2014, 10:18

Figura 1.17. Vista del tutor en Moodle para seleccionar el tipo de instrumento a aplicar a sus estudiantes. Tomado de [1].

Completar Instrumento

Página Principal ► Cursos ► Ingeniería de Sistemas ► metodinv

Navegación

- Página Principal
- Área personal
- Páginas del sitio
- Mi perfil
- Cursos
 - Ingeniería de Sistemas
 - metodinv

Ajustes

- Administración del curso
 - Calificaciones
 - Banco de preguntas
- Cambiar rol a...
 - Volver a mi rol normal
- Ajustes de mi perfil
- Administración del sitio
 - Buscar

ILS

Inventario de Estilos de Aprendizaje

Marque la opción "a" o "b" para indicar su respuesta a cada pregunta.
Por favor seleccione solamente una respuesta para cada pregunta.
Si tanto "a" y "b" parecen aplicarse a usted, seleccione aquella que se aplique más frecuentemente.

No.	item	opciones
1	Entiendo mejor algo	<input type="radio"/> si lo practico. <input type="radio"/> si pienso en ello.
2	Me considero	<input type="radio"/> realista. <input type="radio"/> innovador.
3	Cuando pienso acerca de lo que hice ayer, es más probable que lo haga sobre la base de	<input type="radio"/> una imagen. <input type="radio"/> palabras.
4	Tengo tendencia a	<input type="radio"/> entender los detalles de un tema pero no ver claramente su estructura completa. <input type="radio"/> entender la estructura completa pero no ver claramente los detalles.
5	Cuando estoy aprendiendo algo nuevo, me ayuda	<input type="radio"/> hablar de ello. <input type="radio"/> pensar en ello.
6	Si yo fuera profesor, yo preferiría dar un curso	<input type="radio"/> que trate sobre hechos y situaciones reales de la vida. <input type="radio"/> que trate con ideas y teorías.
7	Preferiría obtener información acerca de	<input type="radio"/> imágenes, diagramas, gráficas o mapas.

Figura 1.18. Ejemplo de vista del estudiante en Moodle para diligenciar el instrumento. Tomado de [1].

Etiquetar material de aprendizaje

Página Principal ▶ Cursos ▶ Ingeniería de Sistemas ▶ metodinv

Navegación

Página Principal

- Área personal
- ▶ Páginas del sitio
- ▶ Mi perfil
- ▼ Cursos
 - ▼ Ingeniería de Sistemas
 - ▼ **metodinv**
 - ▶ Participantes
 - ▶ Informes
 - ▶ General
 - ▶ Tipos de Investigación
 - ▶ El Método Científico

Ajustes

- ▼ Administración del curso
 - ▶ Activar edición
 - ▶ Editar ajustes
 - ▶ Usuarios
 - ▶ Calificaciones
 - ▶ Copia de seguridad
 - ▶ Restaurar
 - ▶ Importar

Etiquetar material de aprendizaje

Recurso/Actividad	Formato	Contenido	Modalidad
resource: Investigación Científica Intro II	Más texto que imagenes	Diapositiva	Individual
resource: Tipos de Investigación Cap 4 Sampieri	Texto	Conferencia	Individual
page: Video Metodología de Investigación Sampieri	Video	Texto narrativo	Individual
resource: Tipos de Investigación Sampieri Resumen	Texto	Conferencia	Individual
resource: Tipos de Investigación - Tamayo	Más texto que imagenes	Conferencia	Individual
page: Video Investigación cualitativa	Video	Texto narrativo	Individual
page: Video Investigación Cuantitativa vs Cualitativa (Ingles)	Video	Texto narrativo	Individual
page: Video una historia acerca de investigación cualitativa	Video	Planteamiento de problem:	Individual
page: Video - comprendiendo la investigación cualitativa	Video	Texto narrativo	Individual
resource: Investigación Cuantitativa/Cualitativa	Más texto que imagenes	Conferencia	Individual
resource: Tabla Aspectos Investigación Cualitativa/Cuantitativa - Tamayo			

Figura 1.19. Metadatos para recursos de aprendizaje. Tomado de [1].

Diagnósticos

Solicitud de diagnóstico Index of Learning Styles

[Ver](#)

Diagnósticos actuales para este curso

GUSTAVO ADOLFO SALAZAR ESCOBAR

Modelo Felder-Silverman de estilos de aprendizaje

Instrumento usado: Index of Learning Styles
 Fecha de solicitud del diagnóstico: domingo, 16 de marzo de 2014, 10:18
 Fecha realización del diagnóstico: lunes, 17 de marzo de 2014, 07:46

Estilo de aprendizaje diagnosticado

ACT/REF: 5a
 SEN/INT: 1a
 VIS/VER: 7a
 SEC/GLO: 3a

Tu estilo de aprendizaje es:
 Más Activo que Reflexivo
 Equilibrado entre Sensitivo y Intuitivo
 Más Visual que Verbal
 Equilibrado entre Secuencial y Global

[Para conocer más sobre su estilo clic aquí](#)

Apellido	Nombre	Fecha diagnóstico	Resultado Estilo de Aprendizaje	Acción
ZAMBRANO LASSO	ANDREA CRISTINA	lunes, 17 de marzo de 2014, 08:18	ACT/REF: 1a SEN/INT: 7a VIS/VER: 1a SEC/GLO: 5b Tu estilo de aprendizaje es: Equilibrado entre Activo y Reflexivo Más Sensitivo que Intuitivo Equilibrado entre Visual y Verbal Más Global que Secuencial Para conocer más sobre su estilo clic aquí	
VELASCO MORALES	ANDRES FERNANDO	lunes, 17 de marzo de 2014, 07:47	ACT/REF: 3b SEN/INT: 3b Tu estilo de aprendizaje es: Equilibrado entre Reflexivo y Activo	

Figura 1.20. Ejemplo del reporte de diagnósticos obtenido. Tomado de [1].

Estado de recomendaciones del curso

Página Principal > Cursos > Ingeniería de Sistemas > metodinv

Navegación

- Página Principal
- Área personal
- Páginas del sitio
- Mi perfil
- Cursos
 - Ingeniería de Sistemas
 - metodinv
 - Participantes
 - Informes
 - General
 - Tipos de Investigación
 - El Método Científico

Ajustes

- Administración del curso
 - Activar edición
 - Editar ajustes
 - Usuarios
 - Calificaciones
 - Copia de seguridad
 - Restaurar
 - Importar
 - Publicar
 - Reiniciar
 - Banco de preguntas
- Cambiar rol a...
- Ajustes de mi perfil
- Administración del sitio

Recomendaciones

Sección: **El Método Científico**

Recomendaciones para estudiantes en este curso y sección

Apellido	Nombre	Resultado Estilo de Aprendizaje	Recomendación
QUINTANA GUZMAN	DAVID ANDRÉS	ACT/REF: 3a SEN/INT: 5a VIS/VER: 7a SEC/GLO: 1a Tu estilo de aprendizaje es: Equilibrado entre Activo y Reflexivo Más Sensitivo que Intuitivo Más Visual que Verbal Equilibrado entre Secuencial y Global Para conocer más sobre su estilo clic aquí	Método Científico (Presentación) ★★★★★ The Scientific Method Steps, Terms and Examples (video) ★★★★★ Pasos del método científico ★★★★★ Método Científico - Tamayo ★★★★★ Método científico (Resumen) ★★★★★
PINTO MUÑOZ	DIEGO ALONSO	ACT/REF: 9a SEN/INT: 7a VIS/VER: 11a SEC/GLO: 5a Tu estilo de aprendizaje es: Mucho más Activo que Reflexivo Más Sensitivo que Intuitivo Mucho más Visual que Verbal Más Secuencial que Global Para conocer más sobre su estilo clic aquí	Método Científico (Presentación) ★★★★★ Pasos del método científico ★★★★★ The Scientific Method Steps, Terms and Examples (video) ★★★★★ Método Científico - Tamayo ★★★★★ Método científico (Resumen) ★★★★★
PINTO CORREDOR	JUAN DAVID	ACT/REF: 1b SEN/INT: 7a VIS/VER: 9a SEC/GLO: 1a Tu estilo de aprendizaje es: Equilibrado entre Reflexivo y Activo Más Sensitivo que Intuitivo Mucho más Visual que Verbal Equilibrado entre Secuencial y Global Para conocer más sobre su estilo clic aquí	Método Científico (Presentación) ★★★★★ The Scientific Method Steps, Terms and Examples (video) ★★★★★ Pasos del método científico ★★★★★ Método Científico - Tamayo ★★★★★ Método científico (Resumen) ★★★★★
PEÑA VELASCO	EDUAR ALEXIS	ACT/REF: 3a SEN/INT: 5a Tu estilo de aprendizaje es: Equilibrado entre Activo y Reflexivo Más Sensitivo que Intuitivo	The Scientific Method Steps, Terms and Examples (video) ★★★★★

Figura 1.21. Ejemplo de recomendaciones obtenidas por los estudiantes- vista tutor.

Tomado de [1].

1.4 Evaluación de resultados

Para determinar los resultados, a nivel de aplicación del Marco de Referencia los resultados se constataron con el establecimiento de elementos y técnicas junto con los docentes. A nivel de la población, los resultados se obtuvieron a partir de dos encuestas.

1.4.1 Encuestas

- Encuesta para docentes

Cordial saludo.

A continuación encontrará siete (7) preguntas con las que pretendemos obtener su percepción y experiencia sobre el sistema empleado para las sesiones del 17 y 19 de Marzo de 2014, en la asignatura Metodología de la Investigación por usted dirigida.

1. ¿Considera usted que la plataforma virtual Moodle permitió flexibilizar la didáctica de la asignatura? ____
 2. En un nivel de 1 a 5 (siendo 1 el más bajo y 5 el más alto), ¿Considera usted que la definición de estilos de aprendizaje es necesaria para adaptar el sistema a cada estudiante? ____
 3. ¿Considera usted adecuada la contextualización sobre el uso de los módulos desarrollados y su integración con Moodle? ____
 4. ¿Considera usted adecuada la contextualización brindada a los estudiantes para usar de los módulos desarrollados y su integración con Moodle? ____
 5. ¿Pudo constatar que la plataforma varió el ofrecimiento de materiales de manera diferencial a cada estudiante, según el estilo diagnosticado? ____
 6. ¿Tuvo algún problema usando el sistema? ____ En caso positivo indíquelo por favor: ____
-
-

7. En un nivel de 1 a 5 (siendo 1 el más bajo y 5 el más alto), ¿considera que es adecuado que las plataformas virtuales de aprendizaje como Moodle integren componentes que permitan adaptar los materiales y rutas de aprendizaje a cada estudiante? ____

Gracias por su colaboración.

- Encuesta para estudiantes

Cordial saludo.

A continuación encontrará siete (7) preguntas con las que pretendemos obtener su percepción y experiencia sobre el sistema empleado para las sesiones del 17 y 19 de Marzo de 2014, en la asignatura Metodología de la Investigación dirigida por el profesor_____.

Su opinión es valiosa y será anónima para los integrantes de su grupo y docente.
Gracias.

1. ¿Considera usted que la plataforma virtual Moodle permitió flexibilizar la didáctica que su docente aplica para la asignatura?
2. ¿Tuvo algún problema usando la encuesta (instrumento) para la identificación de su estilo de aprendizaje? ____ En caso positivo indíquelo por favor

3. ¿La información referente a la definición de su estilo de aprendizaje, le permitió realizar una identificación adecuada de dicho estilo? ____

4. Dado que el sistema desarrollado permite recomendar a cada estudiante el material a utilizar, ¿considera que el material que usted recibió en Moodle correspondía al estilo de aprendizaje que le fue diagnosticado? ____ En caso negativo, brinde el sustento: _____

5. ¿Tuvo algún inconveniente para usar el sistema o materiales? ____ En caso positivo, _____ favor _____ explíquelo: _____

6. En un nivel de 1 a 5 (siendo 1 el más bajo y 5 el más alto), ¿considera que es adecuado que las plataformas virtuales de aprendizaje como Moodle integren componentes que permitan adaptar los materiales y rutas de aprendizaje a cada estudiante? ____

7. En un nivel de 1 a 5 (siendo 1 el más bajo y 5 el más alto), ¿qué tan cómodo se sintió usando el sistema (módulo de diagnóstico de estilo de aprendizaje y material recomendado)? ____

Gracias por su colaboración.

1.4.2 Resultados

- A nivel de docentes

	1	2	3	4	5	6	6-a	7
3/19/2014 9:58:38	Si	5	Si	Si	Si	No		5

5/11/2014 20:55:58	Si	5	Si	Si	Si	No		5
-----------------------	----	---	----	----	----	----	--	---

- A nivel de estudiantes: Grupo 1

Resultados preguntas Si/No			
Pregunta	Si	No	Total
1. ¿Considera usted que la plataforma virtual Moodle permitió flexibilizar la didáctica que su docente aplica para la asignatura?	25	1	26
2. ¿Tuvo algún problema usando la encuesta (instrumento) para la identificación de su estilo de aprendizaje?	4	22	26
Si respondió positivamente a la pregunta 2, describa el problema por favor	* No se como interpretar el diagrama * No identifique el acceso a estilo de aprendizaje, no se realizó * En algunas preguntas me incluyo en más de una opción. * No la pude realizar porque se suponía que de manera automática la primera vez de mi visita esta se abriría		
3. ¿La información referente a la definición de su estilo de aprendizaje, le permitió realizar una identificación adecuada de dicho estilo?	22	4	26
4. Dado que el sistema desarrollado permite recomendar a cada estudiante el material a utilizar, ¿considera que el material que usted recibió en Moodle correspondía al estilo de aprendizaje que le fue diagnosticado?	26	0	26
5. ¿Tuvo algún inconveniente para usar el sistema o materiales?	1	25	26
En caso de responder positivamente a la pregunta 5, por favor explique el inconveniente	* Dificultad inicial para el acceso a la plataforma, no se realizo el estilo de aprendizaje		

Resultados preguntas escala likert						
Pregunta	1	2	3	4	5	Total
6. En un nivel de 1 a 5 (siendo 1 el más bajo y 5 el más alto), ¿considera que es adecuado que las plataformas virtuales de aprendizaje como Moodle integren componentes que permitan adaptar los materiales y rutas de aprendizaje a cada estudiante?	0	1	2	14	9	26
7. En un nivel de 1 a 5 (siendo 1 el más bajo y 5 el más alto), ¿qué tan cómodo se sintió usando el sistema (módulo de diagnóstico de estilo de aprendizaje y material recomendado)?	1	1	9	10	5	26

- A nivel de estudiantes: Grupo 2

Resultados preguntas Si/No			
Pregunta	Si	No	Total
1. ¿Considera usted que la plataforma virtual Moodle permitió flexibilizar la didáctica que su docente aplica para la asignatura?	26	0	26
2. ¿Tuvo algún problema usando la encuesta (instrumento) para la identificación de su estilo de aprendizaje?	3	23	26
Si respondió positivamente a la pregunta 2, describa el problema por favor	* Algunas preguntas son ambiguas y se presta para confusión en las posibles respuestas. * No recuerdo exactamente que preguntas, pero algunas no son entendibles. * Sentí que algunas preguntas no eran muy claras o estaban mal formuladas.		
3. ¿La información referente a la definición de su estilo de aprendizaje, le permitió realizar una identificación adecuada de dicho estilo?	24	2	26
4. Dado que el sistema desarrollado permite recomendar a cada estudiante el material a utilizar, ¿considera que el material que usted recibió en Moodle correspondía al estilo de aprendizaje que le fue diagnosticado?	26	0	26
5. ¿Tuvo algún inconveniente para usar el sistema o materiales?	1	25	26
En caso de responder positivamente a la pregunta 5, por favor explique el inconveniente	* Solo debería tener en cuenta el material explicativo, no debería de calificar los enlaces para subir los talleres o el enlace de los talleres.		

Resultados preguntas escala likert						
Pregunta	1	2	3	4	5	Total
6. En un nivel de 1 a 5 (siendo 1 el más bajo y 5 el más alto), ¿considera que es adecuado que las plataformas virtuales de aprendizaje como Moodle integren componentes que permitan adaptar los materiales y rutas de aprendizaje a cada estudiante?	0	0	1	9	16	26
7. En un nivel de 1 a 5 (siendo 1 el más bajo y 5 el más alto), ¿qué tan cómodo se sintió usando el sistema (módulo de diagnóstico de estilo de aprendizaje y material recomendado)?	0	0	0	9	17	26

Referencias

- [1] N. F. Peña Estrella, "Servicio para el Diagnóstico de Estilos de Aprendizaje en Entornos Virtuales de Aprendizaje," Pregrado-Ingeniería de Sistemas Investigación, Ingeniería de Sistemas, Universidad del Cauca, Popayán, 2014.
- [2] D. Wells. (2013, December 23). *Extreme Programming: A gentle introduction* Available: <http://www.extremeprogramming.org/>