

DIANA JANETH LANCHEROS CUESTA

SISTEMA ADAPTATIVO DE APOYO A LOS PROCESOS DE
ENSEÑANZA-APRENDIZAJE ORIENTADOS A ESTUDIANTES CON O
SIN DISCAPACIDAD

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
DOCTOR EN INGENIERÍA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

SISTEMA ADAPTATIVO DE APOYO A LOS PROCESOS DE
ENSEÑANZA-APRENDIZAJE ORIENTADOS A ESTUDIANTES
CON O SIN DISCAPACIDAD

DIANA JANETH LANCHEROS CUESTA



Kamachiy-Idukay

Julio 2014 –

Diana Janeth Lancheros Cuesta: *Sistema Adaptativo de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje orientados a estudiantes con o sin discapacidad*, Kamachiy-Idukay, © Julio 2014

A la memoria de mi Padre Luis R. Lancheros.
A mis hijos por su paciencia.
A Dios, mi fortaleza en todo momento

Dedicada a las personas con discapacidad
2009 – 2014

ABSTRACT

Technological tools, such as virtual learning environments can be an important help to improve the teaching and learning process in the classroom. One of the challenges to effectively incorporate this technology in the classroom derives from social inclusion. Social inclusion policies often require that students share the same classroom, regardless of their disabilities or learning difficulties. Therefore, teaching strategies must adapt to different kinds of students. Virtual learning environments have to address several different variables and parameters to effectively convey the information to different students. Specifically, advanced decision making strategies are required to properly adapt content and information display to an heterogeneous student population. This final document show the development and implementation of a platform that allow content and display adaptation to students, taking into account their disabilities, preferences, learning styles and learning difficulties.

RESUMEN

Las herramientas tecnológicas son hoy en día un apoyo didáctico y fortalece el proceso de enseñanza y aprendizaje en las aulas de clase. Las políticas de inclusión social, permiten hoy en día en una misma aula de clase, estudiantes con o sin discapacidades y/o dificultades, siendo necesaria la implementación de estrategias metodológicas ajustadas a las características y patologías que pueden presentar los estudiantes. La variedad y cantidad de parámetros encontrados en los sistemas de información que apoyan procesos de aprendizaje, requieren de técnicas avanzadas para la toma de decisiones, con el fin de ajustar el contenido y el despliegue de la información a las características y necesidades de los estudiantes y al contexto en el que se desarrolla su proceso de aprendizaje. El presente documento de tesis de doctorado, muestra el desarrollo y la implementación de una plataforma que permite la adaptación del contenido y del despliegue provista a través de servicios educativos a estudiantes teniendo en cuenta la discapacidad y/o dificultades en su proceso de aprendizaje, sus preferencias, su estilo de aprendizaje.

*"Soy un joven con dificultades para aprender, no se que me sucede, mis
compañeros se burlan de mi;
se sin duda alguna que tengo necesidades educativas especiales, lo se.
Lo que no entiendo, es que a pesar de todo lo que hago, no es reconocido mi
esfuerzo. Yo se de mi problema, lo que no se, es por qué mis amigos no me
ayudan, quizá porque también ellos se parecen a mí." Yadiar Julián*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en especial a mi directora Angela Cristina Carrillo por su dedicación y acertada orientación en mi proyecto.

A los ingenieros Javier Barajas y Edgar López por brindarme el apoyo en tiempo para la realización del proyecto.

Al Colegio El Jazmín por permitirme validar el sistema con sus estudiantes de primaria y docentes.

A las docentes del Colegio El Jazmín por brindarme su apoyo en la validación y prueba de la plataforma. Al profesor William Ramos por su colaboración en la validación del sistema en el Colegio San Carlos.

A mi asesor Jaime A. Pavlich-Mariscal por sus conocimientos.

A Nick Hine de la Universidad de Dundee por sus asesoría internacional en el desarrollo de la investigación.

A las directivas de la Universidad Cooperativa de Colombia y de la Universidad de La Salle por su aporte en mi proceso de formación doctoral.

TABLA DE CONTENIDO

i	PRELIMINARES	1
1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	Problemática	4
1.2	Pregunta de investigación	10
1.3	Descripción de la propuesta	10
1.4	Objetivos	10
1.5	Estructura del documento	11
ii	ESTADO DEL ARTE	13
2	ESTADO DEL ARTE	15
2.1	Marco de Referencia	15
2.1.1	Discapacidad	15
2.1.2	Educación	18
2.1.3	Adaptación	28
2.2	Trabajos Relacionados	30
2.2.1	Trabajos con relevancia en discapacidad	30
2.2.2	Trabajos con relevancia en educación	35
2.2.3	Trabajos con relevancia en adaptación	40
2.3	Síntesis Trabajos Relacionados	45
2.4	Síntesis parte 2	50
iii	CONTRIBUCIONES	51
3	MODELO DE ADAPTACIÓN	53
3.1	Modelo de Adaptación “ALS”	53
3.1.1	Introducción	53
3.1.2	Modelo de Dominio	54
3.1.3	Perfil del estudiante	56
3.1.4	Perfil de discapacidad	58
3.1.5	Perfil del contexto	63
3.1.6	Especificaciones de integración de ALS	64
4	KAMACHIY-IDUKAY	67
4.1	Descripción	67
4.2	Modelo de diseño	71
4.2.1	Generar <i>test</i>	71
4.2.2	Ejecutar <i>test</i>	72
4.2.3	Verificar comportamiento	76
4.2.4	Generar perfil del estudiante	78
4.2.5	Generar perfil de discapacidad	80
4.2.6	Generar perfil de contexto	86
4.3	Kamachiy-Mayistru	88
4.4	Adaptador	92
4.4.1	Generalidades	92

4.4.2	Aplicación de la metodología <i>AHP en el diseño del algoritmo adaptador</i>	94
4.4.3	Descripción del algoritmo	99
iv	VALIDACIÓN Y RESULTADOS	103
5	IMPLEMENTACIÓN	105
5.1	Objetivos del prototipo	105
5.2	Descripción servicios a implementar	105
5.2.1	Servicios implementados orientados al docente	106
5.2.2	Servicios implementados orientados al estudiante	107
5.3	Implementación del prototipo	109
5.4	Descripción de Interfaces	110
5.5	Síntesis	110
6	VALIDACIÓN	113
6.1	Introducción	113
6.2	Plan de pruebas	113
6.2.1	Fase 1: Identificación del entorno de prueba	113
6.2.2	Fase 2: Identificación de los criterios de validación	115
6.2.3	Fase 3 y 4: Planificación, diseño y ejecución de las pruebas	115
6.3	Caso de estudio 1	117
6.3.1	Método	117
6.3.2	Resultados	117
6.3.3	Análisis	120
6.4	Caso de estudio 2	122
6.4.1	Método	122
6.4.2	Resultados y análisis	128
6.5	Indagación a docentes	141
6.6	Indagación a expertos en discapacidad, dificultad y a padres de familia	145
7	DISCUSIÓN FINAL Y TRABAJOS FUTUROS	147
v	APÉNDICE	151
8	PUBLICACIONES	153
9	REFERENCIAS	155

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Población con registro para la localización y caracterización de las personas con discapacidad [12].	5
Figura 2	Clasificación de población con discapacidad según estructuras o funciones corporales que presentan alteraciones. [12]	6
Figura 3	Clasificación de población con discapacidad según dificultades para el desarrollo de actividades cotidianas. [12]	6
Figura 4	Clasificación de población con discapacidad según el nivel educativo alcanzado. [12]	7
Figura 5	Clasificación de población con discapacidad según el nivel educativo alcanzado, teniendo en cuenta la alteración o función afectada. [12]	8
Figura 6	Clasificación según causa principal por la que no estudia. [12]	8
Figura 7	Estructura curricular personas discapacidad. Tomado de [46].	21
Figura 8	Comparación de trabajos discapacidad/componentes adaptación.	49
Figura 9	Arquitectura del sistema ALS.	54
Figura 10	Servicios ALS.	55
Figura 11	Componentes generales modelo del curso.	55
Figura 12	Modelo del curso.	56
Figura 13	Componentes generales del perfil del estudiante.	56
Figura 14	Perfil del estudiante.	59
Figura 15	Componentes generales perfil de Discapacidad.	61
Figura 16	Perfil discapacidad.	62
Figura 17	Componentes generales perfil de contexto.	63
Figura 18	Perfil de contexto.	64
Figura 19	Diagrama de Contexto “ <i>Kamachiy-Idukay</i> ”.	68
Figura 20	Diagrama de Nivel 0. <i>Kamachiy-Idukay</i> .	69
Figura 21	Diagrama Nivel 1 de “ <i>Kamachiy-Idukay</i> ”.	70
Figura 22	Proceso generar <i>test</i> .	72
Figura 23	Base de datos de datos de <i>Test</i> .	73
Figura 24	Algoritmo Generar <i>test</i> .	73
Figura 25	Proceso ejecutar <i>test</i> .	74
Figura 26	Base de datos resultados <i>test</i> del estudiante.	75

Figura 27	Algoritmo Ejecutar test.	75
Figura 28	Proceso verificar comportamiento.	76
Figura 29	Base de datos verificar comportamiento.	77
Figura 30	Algoritmo verificar comportamiento.	79
Figura 31	Proceso generar perfil del estudiante.	80
Figura 32	Proceso generar perfil del estudiante.	81
Figura 33	Diagrama "Proceso generar perfil de discapacidad".	84
Figura 34	Base de datos denominada "perfil de discapacidad".	84
Figura 35	Algoritmo "Proceso generar perfil de discapacidad".	85
Figura 36	Diagrama del proceso Generar perfil del contexto.	86
Figura 37	Base de datos procesos "Generar Perfil Contexto".	87
Figura 38	Algoritmo proceso "Generar Perfil del Contexto".	87
Figura 39	Diagrama en detalle Kamachiy-Mayistru.	88
Figura 40	Base de datos denominada "Curso".	89
Figura 41	Sub-procesos en <i>Kamachiy-Mayistru</i> [142].	90
Figura 42	Algoritmo del proceso "Adaptar Curso".	91
Figura 43	Elementos del proceso adaptador.	93
Figura 44	Componentes del proceso adaptador.	94
Figura 45	Jerarquía del sistema.	95
Figure 46	Porcentaje de priorización - alternativas.	98
Figure 47	Análisis de sensibilidad.	98
Figura 48	Algoritmo adaptador.	100
Figura 49	Funcionamiento del proceso adaptador.	101
Figura 50	Modelo de procesos – Prototipo [150].	105
Figura 51	Servicios implementados prototipo <i>kamachiy-idukay</i> .	106
Figura 52	Servicios orientado al docente.	106
Figura 53	Servicio orientado al docente (crear <i>test</i>).	107
Figura 54	Servicio orientado al docente (<i>ejecutar test</i>).	107
Figura 55	Servicio orientado al estudiante (escenario X).	108
Figura 56	Servicio orientado al estudiante (escenario Y)	108
Figura 57	Arquitectura de implementación prototipo.	109
Figura 58	Componentes de la validación del sistema.	114
Figura 59	Plan de pruebas.	114
Figura 60	Versión 1 del perfil de discapacidad.	115
Figura 61	Perfil de discapacidad versión 2.	116
Figura 62	Estructura del cursos electrónica básica- escenario 1.	118

Figura 63	Evaluación sordos- escenario 1.	118
Figura 64	Despliegue de actividades a estudiantes oyentes.	119
Figura 65	Despliegue de actividades con preferencia por simulaciones.	119
Figura 66	Despliegue de actividades a estudiantes sordos.	120
Figura 67	Despliegue de actividades preferencia sordos.	121
Figura 68	Preferencias estudiantes oyentes.	121
Figura 69	Preferencias sordos.	122
Figura 70	Versión 1 Perfil de Discapacidad.	123
Figura 71	Versión 2 Perfil discapacidad. Incluye los aspectos de aprendizaje.	124
Figura 72	Versión final. Incluye las sugerencias para dificultades en aspectos de aprendizaje específicos.	125
Figura 73	Interfaz para estructurar test.	125
Figura 74	Interfaz test. (Material diseñado por la docente de primero del colegio distrital Jazmín, 2013).	126
Figura 75	Estructura cursos colegio Jazmín – Escenario de validación 2.	127
Figura 76	Diagnóstico aspectos de aprendizaje grado primero.	128
Figura 77	Agrupación Aspecto Lenguaje- Primero.	129
Figura 78	Diagnóstico aspectos de aprendizaje grado segundo.	129
Figura 79	Agrupación aspecto lenguaje - segundo.	131
Figura 80	Agrupación aspecto memoria - segundo.	131
Figura 81	Agrupación aspecto atención - segundo.	132
Figura 82	Diagnóstico aspectos de aprendizaje grado tercero.	132
Figura 83	Agrupación aspecto lenguaje - tercero.	133
Figura 84	Agrupación aspecto memoria - tercero.	134
Figura 85	Agrupación aspecto atención - tercero.	134
Figura 86	Despliegue de actividad sin proceso adaptador.	140
Figura 87	Caso con discapacidad y dificultad en los tres aspectos.	141
Figura 88	Actividades sugeridas para dificultades en el aspecto de aprendizaje donde interviene la memoria.	142
Figura 89	Actividades sugeridas para dificultades en el aspecto de aprendizaje donde interviene la atención.	143

Figura 90	Actividades sugeridas para dificultades en el aspecto de aprendizaje donde interviene la lengua. 143
Figura 91	Estudiantes con dificultades. 143
Figura 92	Usabilidad, funcionalidad e impacto de <i>kamachiy-idukay</i> . 144

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Categorización Discapacidades. Tomado de [34]	16
Cuadro 2	Características de discapacidad – Sistemas de Información 16	
Cuadro 3	Modelos Pedagógicos [44] 20	
Cuadro 4	Comparación Sistemas con Norma <i>Scorm</i> . 23	
Cuadro 5	Estándares internacionales educación, adaptación y discapacidad. 25	
Cuadro 6	Comparación de trabajos relacionados- énfasis discapacidad. 36	
Cuadro 7	Comparación de trabajos relacionados énfasis educación. 40	
Cuadro 8	Trabajos relacionados con relevancia en adaptación. 46	
Cuadro 9	Comparaciones de sistemas educativos desarrollados e implementados Para discapacitados. 47	
Cuadro 10	Comparación sistemas para personas con discapacidad. 48	
Cuadro 11	Comparación trabajos relacionados / técnica de adaptación. 50	
Cuadro 12	Modelos pedagógicos en ALS. 57	
Cuadro 13	Procesos que alimentan los perfiles en ALS. 65	
Cuadro 14	Datos de entrada proceso generar <i>test</i> . 72	
Cuadro 15	Datos de entrada proceso ejecutar <i>test</i> . 74	
Cuadro 16	Datos de entrada proceso verificar comportamiento. 78	
Cuadro 17	Datos de entrada proceso generar perfil del estudiante. 83	
Cuadro 18	Datos de entrada proceso generar perfil del estudiante. 83	
Cuadro 19	Escala de valoración de Saaty [14]. 96	
Cuadro 20	Interfaces prototipo. 111	
Cuadro 21	Criterios de validación por escenario. 116	

Cuadro 22	Preferencia estudiantes oyentes.	119
Cuadro 23	Preferencia estudiantes sordos.	120
Cuadro 24	Diagnóstico estudiantes primero colegio Jazmín (Bogotá, 2013).	128
Cuadro 25	Diagnóstico estudiantes segundo colegio Jazmín (Bogotá, 2013).	130
Cuadro 26	Diagnóstico estudiantes tercero colegio Jazmín (Bogotá, 2013).	130
Cuadro 27	Salida del algoritmo adaptador – curso primero.	135
Cuadro 28	Salida del algoritmo adaptador – curso segundo.	136
Cuadro 29	Salida del algoritmo adaptador – curso tercero.	136
Cuadro 30	Salida del algoritmo adaptador en cada uno de los casos.	138

Parte I

PRELIMINARES

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se vive una realidad particularmente importante en colegios privados y públicos en Colombia, que ofrecen la integración escolar con esquemas de igualdad en el derecho a la educación [1]. La educación especial dirigida a personas con discapacidad ha tenido modificaciones: actualmente no es exigencia su atención en lugares especiales, sino que sin importar la patología clínica, se pueden integrar en colegios existentes, así estos no tengan las garantías ni las estrategias para atender las necesidades específicas que puedan presentar personas con discapacidad [2]. Generalmente, este tipo de personas no se ajustan a los parámetros educativos regulares. Tienen exigencias más específicas frente a las ofrecidas por el aula regular, hasta el punto que las medidas educativas no son suficientes para atender adecuadamente a estudiantes con necesidades especiales (discapacidad), dada la complejidad en el servicio de apoyo que requieren [3]. En este sentido, el proceso de enseñanza-aprendizaje debe reconocer la complejidad de los problemas relacionados con sus estudiantes, lo que requiere una amplia perspectiva educativa [4]. No obstante, la educación en el país integra las personas con y sin discapacidad a las aulas de clase, sin tener en cuenta el tipo de restricciones que posee y los obstáculos que cada persona tiene para desarrollar su proceso de aprendizaje. La falta de estrategias pedagógicas por parte de los docentes, día a día hacen que las personas con discapacidad y algunos otros estudiantes decidan dejar las instituciones educativas y suspender el proceso educativo [5] [3].

En las aulas de clase se hace necesaria la implementación de herramientas tecnológicas que permitan caracterizar la discapacidad y realizar un proceso de enseñanza y aprendizaje más acorde con las características y necesidades del aprendiz, es decir, “*a la medida*” [6]. Los ambientes *web* y de *e-learning* son en muchos casos la solución que más se ajusta, para brindarle al estudiante información de acuerdo a sus características con el ánimo de permitirle avanzar a su ritmo de aprendizaje [7]; no obstante, sería importante que se tuvieran en cuenta ciertos aspectos como las preferencias de despliegue (considerando aspectos como el tamaño de letra, colores, formato de archivo) [8] que tiene el usuario a la hora de solicitar servicios a una aplicación así como para la selección de objetos virtuales de aprendizaje (OVA) [9] que serán utilizados en las actividades de un curso.

Adicional es común encontrar sistemas de desarrollo tecnológico que contemplan discapacidades motoras o sensoriales, y utilizan dispositivos electrónicos o diseñan interfaces hombre-máquina considerando la discapacidad a niveles de *hardware* y *software* inteligente [10]. Sin embargo, estas soluciones son muy específicas para una discapacidad particular y se enfocan exclusivamente en un tipo de servicio. En la literatura analizada, no se encontraron muchos ejemplos de sistemas que consideran características del estudiante y de su contexto, así como de su posible discapacidad con el objetivo de presentarle servicios educativos. Es allí donde se hace necesario como herramienta de apoyo el diseño de sistemas de información que permitan ajustar los contenidos y

el despliegue de la información, teniendo en cuenta las características particulares de los estudiantes.

De lo anterior surge la necesidad de diseñar e implementar un sistema adaptativo que le brinde al estudiante servicios educativos tales como consultar el contenido de un curso, interactuar con actividades y someterse a procesos de evaluación. De igual forma le brinde al profesor apoyo en la estructuración de cursos y actividades teniendo en cuenta las características, necesidades, dificultades y/o discapacidades del estudiante. Lo anterior permite realizar una contribución en:

- Las políticas actuales de inclusión en entornos educativos de personas con y/sin discapacidad en nuestro país.
- El aporte al proceso de enseñanza y aprendizaje de niños/niñas que presentan dificultades y/o características de discapacidad sensorial y/o cognitiva.
- El impacto social generado por un modelo conceptual que aporta lineamientos para el diseño y la implementación de ambientes virtuales de aprendizaje y/o software en entornos educativos que incluyen estudiantes con o sin dificultades y/o discapacidad.
- La falta de generalidad en software o sistemas educativos que acople características de educación, discapacidad y que considere las necesidades y características propias de un estudiante con el fin de organizar contenidos y/o desplegar la información, considerando ambientes donde se evidencia integración educativa.

1.1 PROBLEMÁTICA

En las instituciones educativas de Colombia, las personas con algún tipo de discapacidad requieren de ambientes especiales y herramientas que les guíen en el proceso de enseñanza y aprendizaje [1]. El desarrollo de proyectos tecnológicos con avanzados diseños en las áreas de electrónica y sistemas permite el desarrollo de dispositivos de gran utilidad en el campo de la discapacidad, pero carecen de servicios que se ajusten a las necesidades específicas de cada estudiante, como su estilo de aprendizaje, estilos de representación, entre otros [11]. En términos de discapacidad, los principales documentos que soportan el marco legal internacional son:

- Declaración Universal de los Derechos Humanos, adoptada en 1948 por la asamblea general de las naciones unidas [1].
- Pacto internacional de derechos económicos, sociales culturales (1976) [1].
- Declaración de los impedidos (1975). Declaración sobre las personas sordo- ciegas (1979) [1].

El gobierno en la ley 1145 del 10 de julio del 2007 organiza el sistema nacional de discapacidad y allí define a una persona con discapacidad como *“aquella que tiene limitaciones o deficiencias en su actividad cotidiana y restricciones en la participación social por causa de una condición de salud, o de barreras físicas, ambientales, culturales, sociales y del entorno cotidiano”* [1].

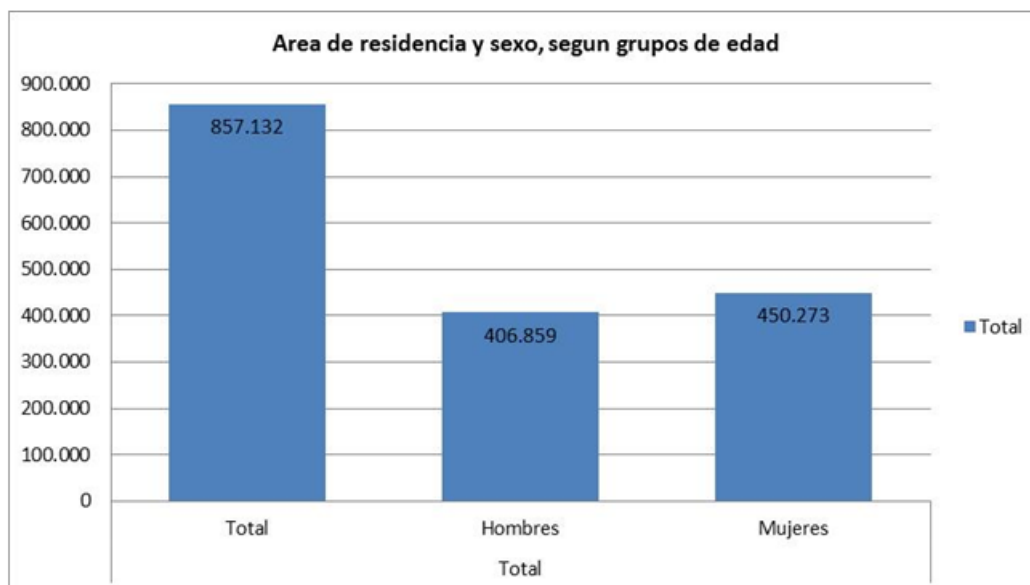


Figura 1: Población con registro para la localización y caracterización de las personas con discapacidad [12].

El Ministerio de Educación Nacional en Colombia [1] establece como políticas y normas que deben regir para las personas con discapacidad:

1. La atención de la población con necesidades educativas especiales se brindará desde el nivel preescolar hasta la educación media y superior, en instituciones de educación formal, con los apoyos técnicos, materiales y humanos requeridos.

2. La población con discapacidad muy severa será atendida mediante programas concertados con el Ministerio de Protección Social, el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar y los gobiernos locales. Las principales normas son: 1. Ley General de Educación (115 de 1994, título III, capítulo 1); 2. Decreto 2082 de 1996, por el cual se reglamenta la atención educativa en personas con discapacidad;

3. Resolución 2565 de 2003 por la cual se reglamentan los parámetros requeridos para la atención educativa de la población con discapacidad [1]. No obstante en Colombia, las estadísticas del DANE [12], mencionan que la población de discapacidad es de 857.132 personas. (ver Figura 1).

De la población con discapacidad en el país y teniendo en cuenta las funciones corporales que presentan alteraciones, se puede observar en la Figura 2 que la mayor afección se encuentra en el movimiento del cuerpo, manos, brazos y piernas, con una población de 413269, seguido del sistema nervioso con 359.134 personas. La población con afección en los ojos es de 348620, la voz y el habla 157417.

Al observar más específicamente las dificultades para el desarrollo de actividades cotidianas, se puede observar en la Figura 3, que caminar, correr, saltar presenta una población de 424508, pensar, memorizar 267.729, hablar y comunicarse 165086, oír 115295, relacionarse con otras personas y el entorno 108.319, las otras pueden observarse en la Figura 3.

En términos de educación, la Figura 4 muestra el nivel educativo alcanzado por la población con discapacidad. Es importante tener en cuenta que el 29 % de la población no termina la básica primaria, y el 15 % no logra terminar la secundaria. El 30 % no

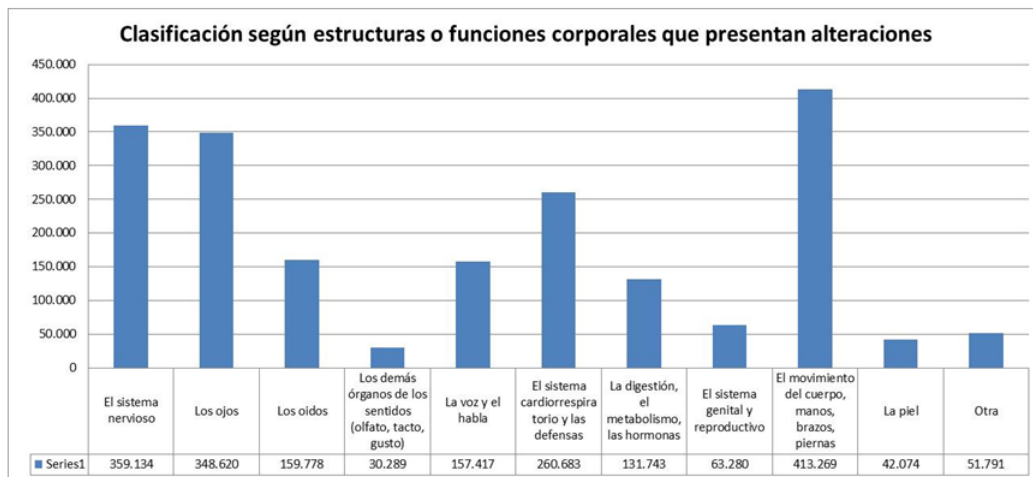


Figura 2: Clasificación de población con discapacidad según estructuras o funciones corporales que presentan alteraciones. [12]



Figura 3: Clasificación de población con discapacidad según dificultades para el desarrollo de actividades cotidianas. [12]

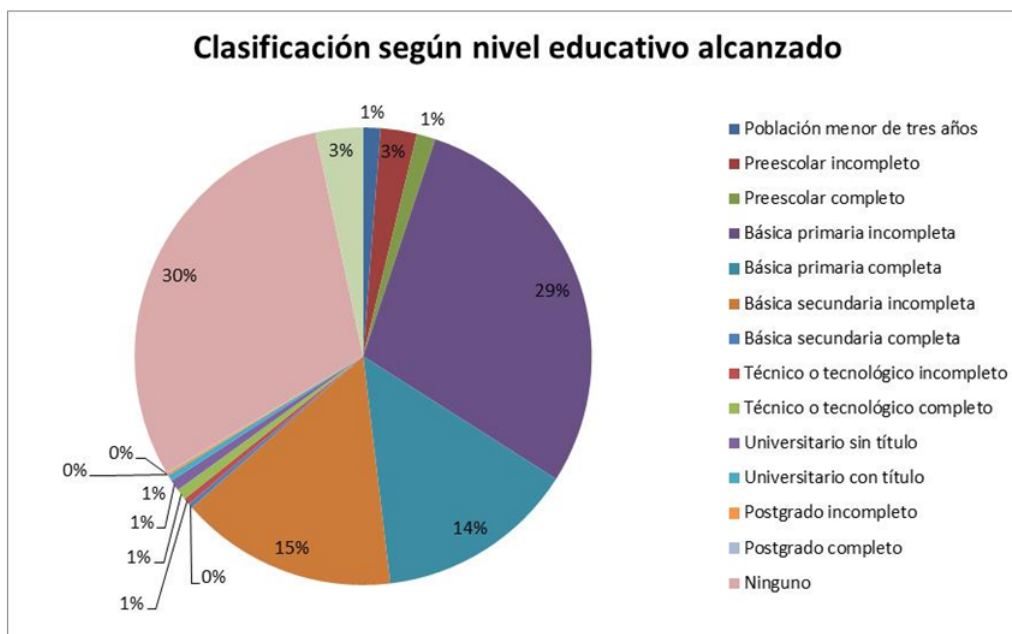


Figura 4: Clasificación de población con discapacidad según el nivel educativo alcanzado. [12]

realizan ningún estudio y es de resaltar el bajo porcentaje de personas que realizan estudios universitarios.

El nivel de escolaridad según la función afectada mostrado en la Figura 5, evidencia el acceso al sistema educativo en mayores porcentajes para discapitados con afecciones físicas.

La población con discapacidad en Colombia no estudia principalmente (31 %) porque considera que ya terminó o no está en etapa escolar, el 26 % por su discapacidad y el 13 % por no aprobar el examen de ingreso. Ver Figura 6.

Las estadísticas mostradas y la presencia de dificultades y/o discapacidades [13] en las aulas de clase [14] evidencian la necesidad de generar estrategias didácticas y pedagógicas con el fin de garantizar un proceso educativo acorde a características particulares de los estudiantes. Se debe tener en cuenta de igual forma, la falta de conocimiento de los profesores en términos de sintomatologías y diagnóstico de estudiantes con dificultad y/o discapacidad en el aprendizaje que se presentan frecuentemente dada la diversidad en el comportamiento de este tipo de personas [1].

Igualmente es importante tener en cuenta que en el ámbito educativo es común encontrar en el aula de clase, estudiantes con dificultades y/o discapacidades [2]. Algunos de los problemas a mencionar son: i) las estrategias pedagógicas y didácticas que realizan los profesores no son aplicables para todos los estudiantes [1]. ii) La integración escolar debe obedecer a cambios dinámicos y graduales, utilizando recursos que propicien las actividades educativas para personas con discapacidad y/o dificultad [1]. Al presentarse en el aula de clase integración escolar, es necesaria la identificación a tiempo por parte de los profesores de las dificultades y/o discapacidades, con el fin de diseñar estrategias educativas que incluyan actividades como talleres, utiliza-

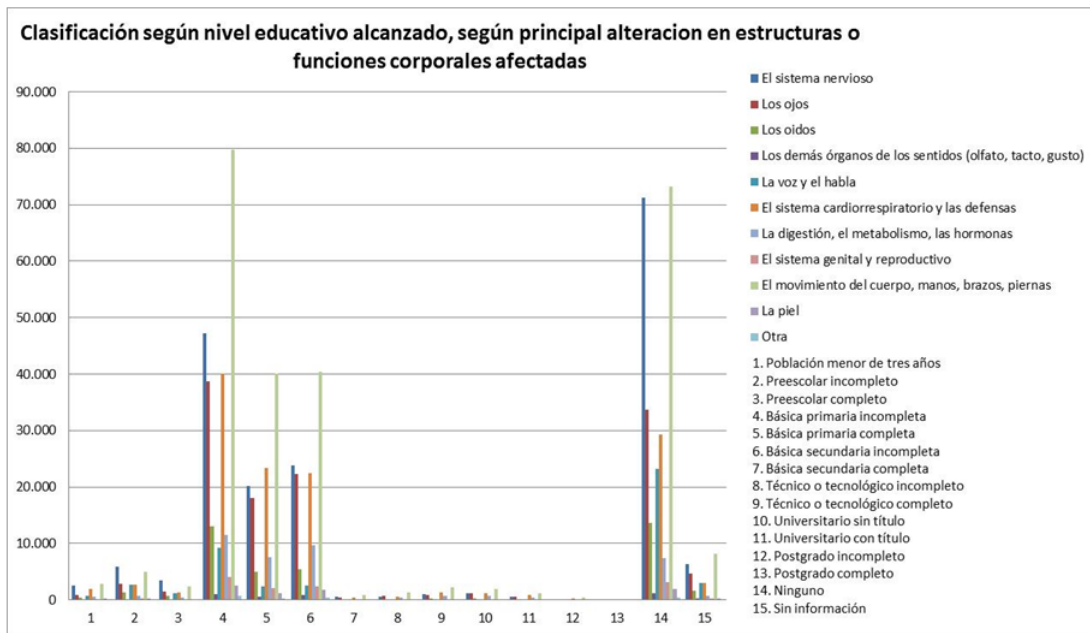


Figura 5: Clasificación de población con discapacidad según el nivel educativo alcanzado, teniendo en cuenta la alteración o función afectada. [12]

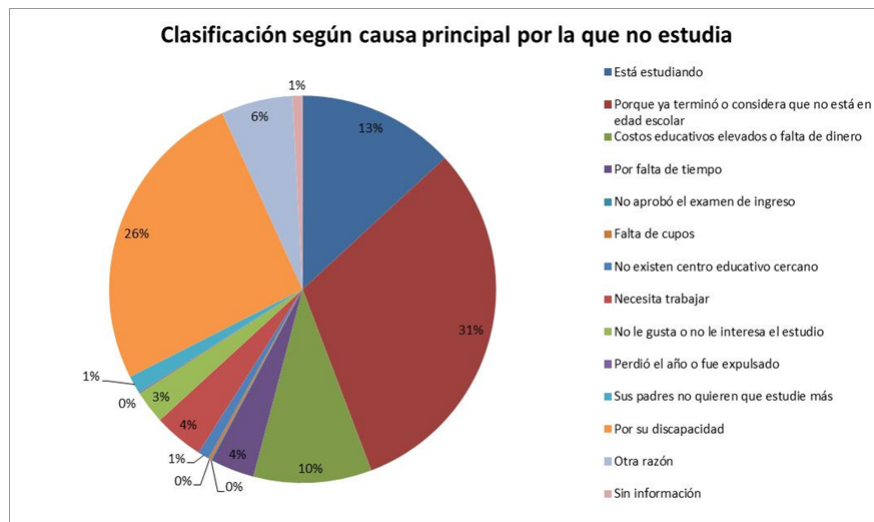


Figura 6: Clasificación según causa principal por la que no estudia. [12]

ción de multimedia, diseño de cartillas, entre otros. Adicionalmente, el profesor podría involucrar tecnologías de la información para facilitar el diseño de actividades tanto académicas como didácticas [15]. Además, los sistemas de información evidencian la utilidad y el impacto en los procesos de enseñanza y aprendizaje [16].

Los avances en sistemas de información han permitido al ser humano desarrollar sistemas avanzados aplicados a la educación; tal es el caso de sistemas de tutoría inteligente [17], de diagnóstico estudiantil, de predicción, de comportamiento de los estudiantes [18], de *e-learning* [19], educativos en entornos *web* [20], que facilitan el trabajo en las aulas de clase. No obstante, algunos de ellos: i) consideran parcialmente aspectos como las características del estudiante, de su contexto, el modelo pedagógico y la estructura del curso [21] [22] [23] [19] [18] [13] [24]. ii) Sólo consideran un tipo de discapacidad y/o dificultad [25] [21] [26]. iii) Las estrategias didácticas son diseñadas para discapacidades específicas [27]. Por todo lo anterior y debido a las diferentes formas de aprendizaje y comportamiento que presentan los estudiantes en un aula integrada, es necesario el desarrollo de herramientas tecnológicas que permitan interpretar, identificar y conocer las necesidades que se presentan en este tipo de personas considerando características de adaptación. La adaptación es un proceso que presenta al usuario la información ajustada a sus necesidades, características y los factores que pueden influir en su interacción con el sistema [28].

Por otro lado, los ambientes virtuales de aprendizaje, presentan hoy en día ventajas de enseñanza en ambientes particulares [29], con características orientadas a las necesidades de los estudiantes [14] [30] [15], realizando un proceso de adaptación, es decir, modificando las técnicas y/o formatos de despliegue con el fin de presentarle la información a los estudiantes en diferentes áreas del conocimiento.

No obstante, al implementar sistemas adaptativos se presentan problemas asociados al volumen de los datos que debe manejar tanto a nivel de perfiles como los parámetros usados para enriquecer los servicios; dichos perfiles permiten la caracterización de los usuarios y de su contexto [31]. La necesidad de tomar decisiones con selección de aquellos parámetros que más se ajustan a cada tipo de usuario, requiere de técnicas computacionales ya que es necesario contar con algoritmos de agrupación que permitan determinar la información que más se ajusta a cada tipo de estudiante; adicionalmente, ante una gran cantidad de parámetros, se hace necesario tomar en cuenta algoritmos de priorización que permitirán resolver los conflictos que se puedan presentar.

Teniendo en cuenta la problemática descrita en el aparte anterior, es necesario diseñar e implementar un sistema en el que se realice un proceso investigativo que incluya: la identificación de los conceptos y teorías necesarias para la implementación de sistemas adaptables, el reconocimiento de características y estilos de aprendizaje de personas con discapacidad, la definición de un modelo de adaptación, la definición de un modelo pedagógico que soporte la realización del sistema, y la validación del sistema por medio de un caso de estudio con personas que tengan una discapacidad específica.

1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo construir un sistema informático de apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje, dentro de una misma aula, de personas con y sin discapacidad, que tome en cuenta sus características personales, su contexto y sus limitaciones/restricciones propias?

1.3 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Con el fin de resolver el problema indicado anteriormente, la propuesta se realiza a partir de la intersección de tres áreas diferentes: educación, discapacidad y adaptación, de donde nace la plataforma “*Kamachiy-Idukay*”, (del Quechua: “*Servicios para educar*”) [32], plataforma que ofrece servicios adaptativos educativos, cuya principal ventaja es su generalidad ya que adapta la información en el ámbito educativo a personas con discapacidad (sensorial leve ó cognitiva leve) y/o dificultad de altos niveles cognitivo, permitiendo, a estudiantes con discapacidades cognitivas o sensoriales leves y/o dificultades en el proceso de aprendizaje, obtener información y actividades de acuerdo a sus características particulares y a las propias de la discapacidad. Al igual, la plataforma permite adaptar contenido a estudiantes sin discapacidad pero que tienen dificultades en aspectos de aprendizaje como por ejemplo, dificultades en el lenguaje, la memoria, la atención, entre otros. Adicionalmente, la plataforma brinda a estudiantes sin discapacidad y sin dificultades el contenido y el despliegue ajustados a sus preferencias de percepción y/o sus estilos de aprendizaje.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo General

- Construir un sistema adaptativo que provea servicios educativos de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje orientados a estudiantes con o sin discapacidad.

Objetivos Específicos

- Identificar y analizar los aspectos a considerar en sistemas informáticos teniendo en cuenta características y/o aspectos en términos de educación, discapacidad y adaptación.
- Definir un modelo de adaptación que incluya:
 - El modelo de estudiante.
 - El modelo de dominio.
 - El modelo contextual.
 - El modelo de discapacidad
- Desarrollar el modelo de diseño del sistema adaptativo que incluya los componentes antes mencionados con el fin de proveer servicios a estudiantes con o sin discapacidad.

- Validar el sistema mediante un prototipo funcional que permita mediante dos escenarios diferentes (una discapacidad cognitiva y otra sensorial) proveer servicios educativos a estudiantes con y sin discapacidad.

1.5 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El presente documento se divide principalmente en tres partes: la primera menciona los preliminares, la segunda describe el estado del arte, la tercera detalla la descripción de las contribuciones y por último la cuarta muestra la validación y el análisis de resultados. El estado del arte se divide en tres secciones: el marco de referencia; la revisión de trabajos relacionados y por último una síntesis. El marco de referencia menciona los principales referentes teóricos en adaptación, educación y discapacidad. Los trabajos relacionados corresponden a los principales aportes en las tres áreas. Al finalizar se presenta una síntesis entre aspectos comparativos de educación, discapacidad y adaptación.

Las contribuciones se divide en dos capítulos, el primero que describe en detalle el modelo de adaptación. El segundo describe los procesos de "*Kamachiy-Idukay*", la descripción de "*Kamachiy-Mayistru*" (orientado al profesor), la descripción del algoritmo de adaptación.

Por último la validación y el análisis de resultados, se encuentra dividido en dos secciones: la implementación, la validación que incluye el análisis de resultados. Por último se presentan las conclusiones, publicaciones y perspectivas.

Parte II

ESTADO DEL ARTE

El presente capítulo está conformado por el marco de referencia y la revisión de trabajos relacionados. El marco de referencia reúne tres áreas del conocimiento (adaptación, educación y discapacidad). El análisis de trabajos relacionados incluye referentes de educación, discapacidad y adaptación. Al finalizar se realiza una síntesis con respecto a los diferentes aspectos de comparación en las tres áreas de trabajo.

2.1 MARCO DE REFERENCIA

La presente sección permite describir los principales referentes teóricos de las tres áreas que conforman la propuesta doctoral, discapacidad, educación y adaptación. A continuación se describe lo referente a la discapacidad.

2.1.1 *Discapacidad*

Una discapacidad se puede definir como: *“La cualidad del discapacitado”*, y éste último como: *“dicho de una persona que tiene impedida o entorpecida alguna de las actividades cotidianas consideradas normales, por alteración de sus funciones intelectuales o físicas”* [33]. La Organización Mundial de la Salud [34], clasifica las discapacidades en diferentes categorías, las cuales se aprecian en el Cuadro 1. Como se puede observar, los tipos de discapacidades son variados, y cada uno presenta características y rasgos diferentes, lo que hace más complejos los tratamientos y la implementación de estrategias en campos educativos, sociales y familiares.

El W3C define términos de accesibilidad para personas con discapacidad [35], que desarrolla estrategias, directrices y recursos para ayudarlas en escenarios aplicados a: (a) discapacitados visuales. (b) Discapacidad auditiva. (d) Dislexia. (e) Dificultades relacionadas con el envejecimiento. (f) Discapacidad cognitiva. en el Cuadro 2 se muestran las principales características de discapacidad teniendo en cuenta la relación con los sistemas de información [34].

Como se puede observar en el Cuadro 2, cuando existe algún grado de discapacidad, la falencia más común con respecto a la interacción con sistemas de información es la falta de un proceso de personalización para acceder al sistema. Se sugiere en cada una de las discapacidades tener en cuenta las características propias de tal discapacidad y el estilo de aprendizaje del estudiante.

Adicionalmente, las dificultades en el aprendizaje son definidas como *“un trastorno en uno o más procesos psicológicos involucrados en la comprensión o uso del lenguaje hablado o escrito que puede manifestarse en una imperfecta capacidad de escuchar, pensar, hablar, leer, escribir, deletrear o hacer cálculos matemáticos, incluyendo condiciones tales como discapacidades perceptuales, lesión cerebral, disfunción cerebral mínima, dislexia, y afasia del desarrollo”* [36].

No obstante, se debe tener en cuenta que las dificultades específicas de aprendizaje no están ligadas directamente con la discapacidad. Algunas de las dificultades de

Cuadro 1: Categorización Discapacidades. Tomado de [34]

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	TIPOS
Discapacidades sensoriales y de la comunicación	Discapacidades para ver	Ambliopía, ceguera, glaucoma, hemianopsia, retinopatía, retinosis pigmentaria
	Discapacidades para oír	Hipoacusia, sordera
	Discapacidades para hablar	Mudez
Discapacidades de la comunicación y comprensión del lenguaje	Discapacidades de la comunicación y comprensión del lenguaje	Afasia, agnosias y las dificultades graves o severas del habla.
Discapacidades motrices	Discapacidades motrices	Amiotrofia espinal, ataxias, distonía, distrofia muscular, enfermedad de Duchenne, esclerosis, Parkinson, espina bífida, parálisis cerebral, síndrome de Guillain-Barré
Discapacidades mentales	Discapacidades mentales	Autismo, Asperger, Alzheimer, Síndrome de Prader-Willi, Síndrome de Down, Síndrome del Cromosoma X Frágil.

Cuadro 2: Características de discapacidad – Sistemas de Información

Discapacidad	Dificultad sistema acceso	Dificultad con el SI	Sugerencias al SI
Física	Inconvenientes para manejar el dispositivo que comunica al usuario con el sistema.	Interacción al no manipular de forma física los dispositivos.	Diseño de dispositivos de acceso con características de adaptación, teniendo en cuenta la discapacidad.
Cognitiva	Interacción con el sistema por la falta de personalización	Interacción con el sistema por la falta de personalización	Tener en cuenta la discapacidad y el estilo de aprendizaje del estudiante
Sensorial, sordos	No existe inconvenientes	Interacción con el sistema	Tener en cuenta la discapacidad y el estilo de aprendizaje del estudiante
Sensorial, mudéz	No existe inconvenientes	Interacción con el sistema	Tener en cuenta la discapacidad y el estilo de aprendizaje del estudiante
Comunicación y comprensión del lenguaje.	Inconvenientes por la falta de interpretación.	Inconvenientes por la falta de interpretación.	Tener en cuenta la discapacidad y el estilo de aprendizaje del estudiante

aprendizaje corresponden a problemas de la lectura (dislexia), la escritura (disgrafía), matemáticas (discalculia) y motricidad (dispraxia) [37]. Vale la pena resaltar que no necesariamente una persona con discapacidad tiene dificultad de aprendizaje y muchas personas con dificultad de aprendizaje no tienen discapacidad. [38].

Sin embargo, Jokissum *et al.* [39] afirman que las personas con discapacidades, presentan características relacionadas con ciertas condiciones médicas como por ejemplo, las personas que tienen trastornos en el desarrollo presentan problemas con la percepción, la atención, la memoria, el pensamiento, el lenguaje, el aprendizaje y el desarrollo psicomotor. Este tipo de dificultades pueden ser tratadas y permiten desarrollar estrategias para la educación y el aprendizaje. Otras como por ejemplo, las enfermedades degenerativas y las relacionadas con el envejecimiento como el Alzheimer, la enfermedad de Parkinson, la esclerosis múltiple, lesiones cerebrales traumáticas, y las enfermedades mentales de bajo funcionamiento cognitivo, son un reto en el desarrollo de estrategias educativas. De igual forma, Flanagan *et al.* [40] definen las funciones cognitivas que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar estrategias educativas en ambientes virtuales así: (a) la percepción incluye los aspectos visuales, audición, visión espacial y percepción táctil; allí se encuentran las funciones mentales específicas de reconocimiento e interpretación de estímulos sensoriales. (b) La atención incluye la modificación y el mantenimiento. (c) La memoria se clasifica en temporal y espacial; allí se encuentran funciones mentales específicas de registro, recuperación y almacenamiento de información. (d) El pensamiento incluye funciones de abstracción, organización, planeación, desempeño, tiempos de desarrollo y solución de problemas; allí se encuentran las funciones mentales específicas del pensamiento en la resolución de problemas para el desarrollo e implementación de tareas en diversas circunstancias. (e) El lenguaje incluye lectura, redacción y composición; allí se encuentran las funciones mentales específicas de organización y uso especial de símbolos y señales y otros componentes especiales del lenguaje. (f) El aprendizaje de habilidades en lecto-escritura, cálculos matemáticos; allí se encuentran el desarrollo de habilidades en la lectura, escritura, producción de símbolos, representación de palabras y en la realización de operaciones matemáticas. (g) Las funciones psicomotoras corresponden a las funciones mentales específicas para el control de movimientos motores.

Adicionalmente, Flanagan *et al.* [40], afirman que las dificultades del aprendizaje se pueden definir operacionalmente en los siguientes niveles: (a) nivel I: dificultades en una o más áreas de los logros académicos, por ejemplo, la habilidad de lectura básica, comprensión de lectura, fluidez en la lectura, entre otros. El logro académico hace referencia al rendimiento en determinadas habilidades académicas que incluyen el desempeño y procesamiento en el aspecto fonológico - ortográfico. Como ejemplo del método de evaluación y fuente de datos se tiene la intervención a través del monitoreo del progreso y desempeño, la evaluación de muestras de trabajo, las observaciones de rendimiento académico [40]. (b) Nivel II: dificultades del resultado de una discapacidad visual, auditiva, motora, o intelectual. Situaciones de desventaja como por ejemplo, perturbación social o emocional. Como factores excluyentes se tiene en cuenta la identificación de las causas de sus habilidades académicas, debilidades o deficiencias, incluyendo discapacidad intelectual y discapacidad sensorial. En este nivel se aplican los métodos de evaluación del nivel anterior (Nivel I), haciendo referencia a la califica-

ción de la conducta en escalas, los registros de asistencia, y las características sociales, la historia del desarrollo cognitivo, y los antecedentes familiares. (c) Nivel III: en este nivel se encuentran desórdenes en uno o más de los aspectos psicológicos básicos / neuropsicológica, como los procesos involucrados en la comprensión o uso lenguaje hablado o escrito. El enfoque de evaluación se centra en el rendimiento en habilidades cognitivas (por ejemplo, neuropsicológicos, procesos de atención, funcionamiento) y la eficiencia del aprendizaje. (d) Nivel IV: en este nivel se encuentran las dificultades que involucran bajo rendimiento inesperado, por ejemplo, la dificultad específica de aprendizaje identificando fortalezas y debilidades. Como proceso de evaluación se encuentra un análisis de patrón de puntos fuertes y débiles de acuerdo con *SLD (Specific Learning Disability)*, que consiste en la determinación de las debilidades o deficiencias que están relacionadas con determinada área cognitiva. [40].

2.1.1.1 *Síntesis Discapacidad*

Como se puede observar, las dificultades del aprendizaje y las tipologías de discapacidad, pueden depender de diferentes características, como por ejemplo, las habilidades cognitivas, en la interpretación de textos, de lecto-escritura, entre otras, y necesitan por lo tanto, diferentes métodos y técnicas de evaluación, como por ejemplo, el seguimiento del desempeño en áreas específicas del conocimiento, las cuales deben ser consideradas cuando se diseñan sistemas de información para personas con discapacidad y/o dificultades.

2.1.2 *Educación*

Los procesos educativos se basan en el desarrollo cognitivo, asociado a teorías de cognición (conocimiento) y metacognición (desarrollo del conocimiento) y referentes que a través de los años han permitido determinar cómo se desarrolla el proceso de aprendizaje en un estudiante. La metacognición se refiere originalmente a cómo el conocimiento y la regulación de las actividades cognitivas en los procesos de aprendizaje permiten el desarrollo de habilidades y capacidades [41] [42]. La distinción más común en la metacognición separa el conocimiento metacognitivo de las habilidades. El primero se refiere a un conocimiento declarativo sobre la persona, las relaciones entre las personas, las tareas, y las características de la estrategia [41], mientras que la última se refiere a un conocimiento procedimental, que se utiliza en la resolución de problemas y las actividades del proceso de cognición [42]. Narens *et al.* presentan un modelo metacognitivo compuesto de dos estructuras [43]: el nivel de la meta y el nivel donde se encuentra el objeto, niveles que interactúan mediante transmisión de información denominados control y monitoreo. El control se refiere a la iniciación, ejecución y finalización de acciones, y el monitoreo desarrolla la representación que se hace sobre el conocimiento a nivel del objeto, adicional el aprendizaje entendido como un proceso que tiene lugar mediante la experiencia y/o práctica se relaciona directamente con la metacognición [42] La enseñanza centrada en el aprendizaje permite difundir e impartir las herramientas, conceptos y aspectos en un proceso metacognitivo [44]. En el proceso metacognitivo en el aula de clase es importante definir el modelo pedagógico.

2.1.2.1 Modelos pedagógicos

Un modelo o esquema es un patrón recurrente, una forma y una regularidad en las actividades de ordenamiento de las experiencias. Estos patrones surgen como estructuras significativas principalmente a través de nuestros movimientos corporales en el espacio, nuestras manipulaciones de objetos y nuestras interacciones físicas. [44].

Un modelo de pedagógico es la descripción de un ambiente de aprendizaje, debe ser el producto de un proceso de indagación disciplinada, motivada en primera instancia por el docente, a fin de encontrar herramientas con las cuales se puede interactuar y entender los contenidos de forma conjunta con los alumnos. [44]. Las representaciones en el modelo pedagógico están dadas por las estrategias y las teorías existentes de aplicación en un sistema de tutoría inteligente. Algunos modelos pedagógicos establecidos por Joyce se muestran en el Cuadro 3.

Como se puede observar en el Cuadro 3, los modelos pedagógicos se diferencian dado su metodología y los casos de estudio existentes. Cada uno de ellos presenta ventajas en el ámbito educativo y pueden fortalecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes con discapacidad. A continuación se menciona las principales características de un entorno educativo en discapacidad.

2.1.2.2 Entorno educativo en discapacidad y e-learning

Koschmann *et al.* [45] afirma que un modelo pedagógico de apoyo, de colaboración de aprendizaje en ambientes computacionales se utiliza para motivar y hacer que el estudiante piense y contribuya con los mensajes escritos en el aprendizaje virtual y desarrolle capacidades metacognitivas. Los mensajes que los estudiantes escriben en actividades como los foros ayudan al desarrollo del pensamiento y la reflexión, siendo estas características de los procesos metacognitivos [41]. El estudiante puede entonces decidir si participa activamente en el debate haciendo preguntas, pedir ayuda y/o proporcionar explicaciones [5]. La participación activa en el aprendizaje en red requiere un tipo diferente de seguimiento y control de las acciones cognitivas en comparación con la participación pasiva. Así, los estudiantes son capaces de desarrollar su conocimiento metacognitivo [5].

Verdugo [46] define un proceso metodológico pedagógico para la formación de personas con discapacidad que involucra un centro de integración escolar formado por centros de profesores, centros de recursos y otros profesionales. Verdugo [46] presenta la estructura curricular para ambientes educativos de personas con discapacidad (ver Figura 7). El currículo oficial debe tener un proyecto curricular, que se debe realizar en varias etapas: la programación debe incluir las adaptaciones curriculares no significativas, como lo son los métodos y las adaptaciones de acceso al currículo, dadas por las herramientas pedagógicas modificando la metodología en las aulas de clase.

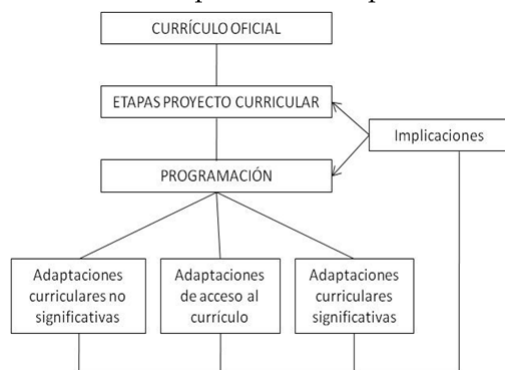
Teniendo en cuenta lo anterior, un modelo pedagógico de apoyo, de colaboración de aprendizaje en ambientes computacionales [47], se utiliza para motivar y hacer que el estudiante piense y contribuya con los mensajes escritos en el aprendizaje virtual y desarrolle capacidades metacognitivas.

Los mensajes que los estudiantes escriben en actividades como los foros ayudan al desarrollo del pensamiento y la reflexión, siendo estas características de los procesos metacognitivos [48]. El estudiante puede entonces decidir si participar activamente en

Cuadro 3: Modelos Pedagógicos [44]

Modelo: Procesamiento de la información - Modelo Inductivo Básico	
Metodología – caso de estudio	Ventajas
(1) Formación de conceptos: en el cual se llevan a cabo las tareas de enumeración/descomposición del problema o sus actividades, agrupamiento y categorización basado en la red semántica del modelo de dominio. (2) Interpretación del dato: en donde se realizan actividades como la identificación de relaciones, exploración, y establecimiento de relaciones para inferir la posible solución del problema (relaciones de características de los animales).	1) Desarrollo de la capacidad de comprensión. (2) Desarrollo de la capacidad de: diferenciar, identificar, determinar jerarquías, establecer relaciones, inferir, extrapolar, clasificar.
Modelo: Procesamiento de la información – formación de conceptos	
Metodología – caso de estudio	Ventajas
(1) Presentación de los datos e identificación del concepto por medio visual. (2) Verificar la formación del concepto. (3) Análisis de las estrategias de pensamiento.	(1) Flexibilidad conceptual. (2) Desarrollo del razonamiento inductivo. (3) Tolerancia a la ambigüedad.
Modelo: Procesamiento de la Inf. - Entrenamiento para la Indagación	
Metodología – caso de estudio	Ventajas
1) Confrontación con situación desconcertante. (2) Recopilación de datos verificación y experimentación. (3) Formulación de preguntas de tipo si/no. (4) Organización, formulación y explicación. (5) Análisis del proceso.	1) Aprendizaje activo y autónomo. (2) Expresividad verbal. (3) Tolerancia a la ambigüedad, persistencia. (4) Pensamiento lógico. (5) Creatividad
Modelo: Procesamiento de la Información -Memorización	
Metodología – caso de estudio	Ventajas
(1) Empleo de material susceptible de reflexión. (2) Crear conexiones: palabras claves, sustitutas y por asociación, nodos en la red semántica anterior. (3) Desarrollo de imágenes sensoriales (ridículas y/o exageradas). (4) Ejercitarse repitiendo conceptos	(1) Capacidad de almacenar y recuperar información. (2) Capacidad de dominar materiales desconocidos. (3) Conciencia de cómo mejorar el aprendizaje. (3) Capacidad de crear imágenes. (4) Autoconocimiento, autoestima.
Modelo: Personales - Enseñanza No Directiva	
Metodología – caso de estudio	Ventajas
(1) Definir situación de apoyo. (2) Explorar el problema. (3) Desarrollo del discernimiento. (4) Planificación y toma de una decisión. (5) Integración. (6) La acción teniendo en cuenta las dificultades de Samuel.	Desarrollo de la autoestima y la autonomía. (2) Desarrollo de motivación académica y social. (3) Desarrollo de la capacidad para aprender y progresar. (4) Aplicable a personas con discapacidad o dificultades.
Modelo: Personales -Conductuales	
Metodología – caso de estudio	Ventajas
(1) Diagnóstico del conocimiento y habilidades. (2) Preparación. (3) Presentación principalmente en forma de gráficos. (4) Práctica estructurada. (6) Práctica guiada. (7) Práctica independiente.	(1) Elevar autoestima por medio del éxito. (2) Desarrollo de realimentación positiva. (3) Aplicable cuando existen dificultades en el aprendizaje.
Modelo: Aprendizaje a Partir de Simulaciones	
Metodología – caso de estudio	Ventajas
(1) Preparación. (2) Entrenamiento con simulaciones. (3) Operaciones durante la simulación. (4) Informe final de los participantes.	Para este modelo, los resultados del proceso de enseñanza y aprendizaje que son evidentes en el alumno son: el desarrollo de comprensión, competición, cooperación, empatía, reglas sociales, conceptos, habilidades, eficacia, pensamiento crítico, independencia y sensibilidad a las relaciones causa efecto.
Modelo: Aprendizaje para el Dominio y la Instrucción Programada	
Metodología – caso de estudio	Ventajas
(1) Aptitud. (2) Permitir al estudiante avanzar de acuerdo con su propio ritmo. (3) Desarrollar la autorregulación. (4) Fomentar el desarrollo procesual. (5) Generar motivación y autoevaluación del aprendizaje.	(1) Aptitud. (2) Permitir que cada alumno avance de acuerdo con su propio ritmo. (3) Desarrollar la autorregulación. (4) Fomentar el desarrollo procesual. (5) Generar motivación y autoevaluación del aprendizaje.

Figura 7: Estructura curricular personas discapacidad. Tomado de [46].



el debate haciendo preguntas, pedir ayuda y/o proporcionar explicaciones [5]. La participación activa en el aprendizaje en red requiere un tipo diferente de seguimiento y control de las acciones cognitivas en comparación con la participación pasiva. Por ejemplo, la construcción de actividades didácticas, siempre en busca de ayuda para motivar a los estudiantes a tomar conciencia de su pensamiento. En la discusión en red, también es esencial que los estudiantes traten de formular sus ideas de forma tan precisa para que puedan ser entendidas por los demás participantes. Así, los estudiantes son capaces de desarrollar su conocimiento metacognitivo [42], [48]

Mwanza *et al.* [49] afirman que las características necesarias en el diseño de ambientes virtuales de aprendizaje deben ser: (A) involucrar nuevos formatos de actividades, y procesos en donde los estudiantes resuelvan problemas de forma autónoma e independiente. (B) El aprendizaje debe ser orientado teniendo en cuenta las necesidades reales en las diferentes áreas del conocimiento. (C) El aprendizaje se da en espacios donde se evidencien problemáticas complejas. Estas características hacen parte del contexto en el ambiente virtual de aprendizaje. Estos autores definen el contexto de un ambiente *e-learning*, como el conjunto de características pedagógicas, que deben adaptarse a la forma en la que se presenta el contenido, teniendo en cuenta tiempos, estilos y formatos.

Como se puede observar los ambientes *e-learning* permiten apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje, a continuación se describen sus principales componentes y la normatividad relacionada.

2.1.2.3 Sistemas *e-learning* y Objetos virtuales de aprendizaje

Los sistemas *e-learning* son programas de servidor que se ocupan principalmente de la gestión de usuarios, cursos y comunicación de ambientes virtuales de aprendizaje, utilizando contenidos brindados a los estudiantes. Los objetos virtuales de aprendizaje son recursos digitales utilizados en el aprendizaje, que requiere el cumplimiento de estándares y normas soportados por las diferentes plataformas. Las normas son unidades o grupo de especificaciones de cumplimiento obligatorio en un entorno determinado; así, el uso adecuado de las reglas permite: (a) normalizar y describir formalmente funciones. (b) Estandarizar los procesos en la construcción de contenidos en los ambientes virtuales de aprendizaje. (c) Ahorrar costos en el desarrollo. (d) Reutilizar contenidos.

(e) Evitar la preocupación por el desarrollo tecnológico dedicando mayor tiempo a la elaboración de contenidos de alta calidad [50].

La norma *SCORM* (acrónimo de *Sharable Content Object Referent Model*) es un modelo de referencia de objetos como contenido compartido; es a su vez un programa del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el cual contiene diversas especificaciones acerca de los aspectos técnicos y objetos de aprendizaje, y permite aportar una definición para el ordenamiento del contenido de aprendizaje. Un contenido cumple con el estándar *SCORM* si está diseñado para ser exhibido en un navegador, si está descrito por meta-datos, y si está organizado y empaquetado para funcionar en cualquier plataforma de tipo *SCORM* [51]. La norma define dos tipos básicos de objetos que pueden formar parte de un contenido: el primero de ellos se denomina *ASSET* y hace referencia a contenidos como textos, imágenes, páginas web, documentos, multimedia entre otros. El segundo se denomina *SCO* (acrónimo de *Shareable Content Object*) y se refiere a los objetos de aprendizaje que se pueden comunicar con la plataforma *LMS* (acrónimo de *Learning Management System*) [52]. Existen actualmente algunas características básicas de la plataforma *e-learning* entre las cuales están la interactividad, la flexibilidad (la cual permite una adaptación de contenidos), la escalabilidad (que permite funcionar con un número pequeño o grande de usuarios) y la estandarización. *SCORM* proporciona un modelo de referencia fundamental sobre el cual cualquiera puede desarrollar modelos de contenido de aprendizaje y ofrecerlos. A través de la aplicación de las especificaciones y estándares de los diferentes grupos, proporciona la estructura de trabajo y la referencia de implementación detallada que permite al contenido, tecnología y sistemas. *SCORM* trabaja con corporaciones de estándares tales como *AICC* (acrónimo de *Aviation Industry CBT Committee*), *IMS* (acrónimo de *Information Management System*) y *IEEE* (acrónimo de *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) para integrar sus especificaciones dentro de un modelo cohesivo, usable y holístico y define interrelaciones claves entre los estándares [53].

SCORM ha sido dividido en tres temas principales: El *Modelo de Agregación de Contenidos (CAM)* que especifica cómo describir, empaquetar y definir componentes usados en una experiencia de aprendizaje; el *Entorno de Ejecución (RTE)* el cual describe el *Sistema de Gestión de Aprendizaje (LMS)* e incluye tanto los requisitos para gestionar el entorno de ejecución en términos del protocolo de comunicación entre el *LMS* y los *Objetos de Contenido Compartibles (SCO)* como los elementos del modelo de datos usado para pasar información relevante de la experiencia del aprendiz con el contenido; finalmente, la *Secuenciación y Navegación (SN)* que describe cómo el contenido conforme a *SCORM* podría ser secuenciado a través de un conjunto de eventos de navegación [51]. *SCORM* está basado en la especificación de secuenciación simple (*SS*) de *IMS*, y no incluye varios elementos que serían necesarios para dar un seguimiento del conocimiento que adquiere el estudiante. El objetivo del modelo de agregación de *SCORM* es realizar una composición de los contenidos de diversas fuentes reutilizables, y puede ser usado por diversos *LMS*; este modelo utiliza los metadatos que describen e identifican los contenidos reusables, aplicándose en dos niveles: los *assets* (elementos de contenidos de bajo nivel) y los *SCO (Sharable Content Objects)* [52]. El objetivo del entorno operativo o de ejecución *SCORM* es brindar un medio para la interoperabilidad entre los objetos *SCO* y los sistemas de gestión *LMS*. Los tres componentes del entorno de ejecución de *SCORM* son: el *launch* que es el mecanismo mediante el cual se definen los proce-

Cuadro 4: Comparación Sistemas con Norma *Scorm*.

Sistema	Actividad Pedagógica	Ventajas	Desventajas
Ambiente <i>e-learning</i> como herramienta de apoyo a un curso de química. [55]	Seguimiento de actividades, despliegue de recursos,	La utilización de los <i>OVA</i> con <i>scorm</i> permitió integración y cumplimiento en la mayoría de tareas.	La cantidad de recursos fue muy limitada.
Conversión de mapas conceptuales en objetos de aprendizaje bajo el estándar SCORM. [56]	Diseño de contenidos por mapas conceptuales.	El <i>OVA</i> utilizado en la generación de mapas conceptuales permitía mostrar de forma gráfica el contenido a los estudiantes.	Falta de estandarización al presentar fallas en la plataforma <i>dokeos</i> y no en el <i>moodle</i> .
Semantic learning object repositories [57]	Diseño de contenido por simulaciones	Las simulaciones permiten mayores percepciones en los estudiantes.	Dificultades en el proceso de ejecución de las simulaciones con la norma <i>Scorm</i> .
Diseño flexible de Unidades de Aprendizaje según <i>IMS LD</i> mediante reutilización de objetos de aprendizaje SCORM. [58]	Reutilización de ovas en el diseño de contenidos	Ahorro de tiempo en el diseño de contenidos.	La dificultad al utilizar los objetos que no tenían toda la normalización <i>Scorm</i> .
Personalización del proceso de aprendizaje usando objetos de aprendizaje reutilizables. [59]	Diseño de contenidos	Características de adaptación para personalizar el despliegue de contenidos	No se cuenta con un sistema que determine las preferencias o estilos de aprendizaje del estudiante.

dimientos para la comunicación entre el contenido y el *LMS*. El *API* es el mecanismo utilizado para informar del estado de los contenidos. El modelo de datos se utiliza para intercambiar información de los estados de los contenidos [53].

Algunas aplicaciones de sistemas *e-learning* hacen referencia al empaquetamiento de objetos de aprendizaje bajo el estándar *SCORM*. Por ejemplo, en la Universidad de Castilla [54] se realizó una investigación en la cual se concluyó que el estándar *SCORM* está siendo utilizado cada día más en plataformas de aprendizaje y que, el sistema de análisis *SIVEDUC* (acrónimo de Sistema Virtual de Educación) permite de buena forma implementar el contenido bajo el estándar, aunque no se cumpla de manera total. Por otro lado al interior de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín desarrolla modelos y sistemas de gestión para la selección de objetos virtuales de aprendizaje teniendo en cuenta los estilos de aprendizaje de los estudiantes y normatividad *LOM* y *SCORM* [165].

El Cuadro 4 muestra la comparación de algunos trabajos que han utilizado la norma *SCORM* en ambientes virtuales de aprendizaje. Como se puede observar, el principal objetivo de los objetos virtuales de aprendizaje es permitir el despliegue de la información cuando se diseñan contenidos en un curso *e-learning*.

Como se puede observar, el principal objetivo de los objetos virtuales de aprendizaje es permitir el despliegue de la información cuando se diseñan contenidos en un curso *e-learning*. Adicionalmente, la normalización permite y facilita la reutilización y la aplicabilidad, a continuación se detalla estándares o normas que incluyen adaptación, educación y discapacidad. No obstante la normativa se aplica de igual forma a procesos de adaptación, educación y discapacidad, a continuación se detallan las más relevantes.

2.1.2.4 *Estándares en adaptación, educación y discapacidad*

Los estándares son normas que buscan simplificar, unificar y especificar procesos y/o procedimientos en diferentes contextos (industrial, económico, político, etc.) [60]. El Cuadro 5 muestra los principales estándares en términos de educación, discapacidad y adaptación [61].

Como se puede observar, la diversidad de normas en el área de adaptación, discapacidad y educación, permiten definir la codificación y los estándares cuando se diseñan e implementan sistemas *e-learning*. De todo lo expuesto es importante mencionar que al diseñar sistemas de información con componentes educativos se debe tener en cuenta la normatividad existente y los aspectos de diseño en sistemas *e-learning* como la accesibilidad, la arquitectura, las competencias a desarrollar, los contenidos, los repositorios y la información de los alumnos.

Además en términos de sistemas computacionales, las técnicas de la ingeniería utilizadas en la implementación de sistemas *e-learning* complementan los procesos de enseñanza y aprendizaje. A continuación se describen algunas de las existentes.

2.1.2.5 *Técnicas de ingeniería en el diseño e implementación de sistemas e-learning*

Las técnicas utilizadas en *e-learning* basadas en inteligencia artificial se encuentran principalmente relacionadas con los tutores inteligentes. Un sistema de tutor inteligente, es definido por Woolf en 1984 [68] como: “sistema que modela la enseñanza, el aprendizaje, la comunicación y el dominio del conocimiento del especialista y el entendimiento del estudiante sobre ese dominio”. Giraffa en 1997 define un tutor inteligente como “un sistema que incorpora técnicas de IA (Inteligencia Artificial) a fin de crear un ambiente que considere los diversos estilos cognitivos de los alumnos que utilizan el programa” [69]. Wolf en 1998 [68], define cuatro modelos necesarios en un sistema de tutoría inteligente (modelo de dominio, el del estudiante, el pedagógico y el de interfaz).

El modelo de dominio representa el conocimiento del experto en un tutor inteligente; está conformado por un conocimiento declarativo (base de conocimiento) y uno procedimental (sistema de razonamiento). La representación formal de este modelo se realiza teniendo en cuenta dos tipos de formalismos: (a) el formalismo lógico, que permite representar el conocimiento del modelo utilizando axiomas y reglas lógicas [68]. (b) El formalismo basado en gráficos, que utiliza gráficos para la representación del conocimiento. Esta representación se puede dar por medio de redes semánticas, graficando por medio de nodos, ramas y acciones el conocimiento [70] o el sistema de marcos, que encierra las principales características del dominio en un marco descriptivo [71].

El modelo del estudiante permite obtener el estado de sus conocimientos en un momento dado. En un tutor inteligente, este modelo representa el comportamiento del estudiante y crea una representación cualitativa de sus conocimientos cognitivos y afectivos. Este modelo permite adquirir variables de desempeño del estudiante como el tiempo en realizar una tarea, la tasa de errores cometidos y las razones por las que desarrolló ciertas actividades o tomó determinadas decisiones [23].

Para diseñar el modelo del estudiante es importante tener en cuenta dos aspectos. El primero corresponde a la forma de representar los conocimientos que debe adquirir el estudiante. En el modelo del estudiante se pueden representar muchos tipos de conocimiento (temas, conceptos erróneos y los errores, las características afectivas, la

Cuadro 5: Estándares internacionales educación, adaptación y discapacidad.

Nombre	Categoría/ Aspectos
Icon Standards: User Interfaces - AICC [62]	Accesibilidad / establecer un patrón estándar de los iconos que podrán ser utilizados por los diferentes desarrolladores de plataformas o contenidos eLearning
IMS Access For All Meta-data v1.0 - IMS [63]	Accesibilidad / se encarga de dotar a las plataformas e-learning de mecanismos que permitan a sus usuarios seleccionar recursos que se adapten, en cada momento, a las necesidades individuales de cada usuario.
IMS Guidelines for Developing Accessible Learning Applications. [63]	Accesibilidad /serie de recomendaciones que proporcionan un marco de trabajo para la comunidad de aprendizaje virtual, cuyo principal objetivo es el ofrecer posibles soluciones a los problemas de accesibilidad que se le puedan presentar personas con cualquier tipo de discapacidad, así como las oportunidades y estrategias para su aplicación con la finalidad de garantizar una educación accesible a cualquiera, en cualquier momento y lugar
Individualized adaptability and accessibility in e-learning, education and training. Part1: Framework and reference model- ISO. [60]	Accesibilidad / destinado a satisfacer las necesidades de los alumnos con cualquier tipo de discapacidad y de cualquier persona en el que se encuentre con limitaciones de cualquier tipo
Aplicaciones informáticas para personas con discapacidad. Requisitos de accesibilidad al ordenador: Software [64]	Accesibilidad /esta norma establece las características que ha de cumplir el software de un ordenador, incluyendo su entorno operativo (sistema operativo más la interfaz de usuario asociada), las aplicaciones informáticas y la documentación asociada, para que puedan ser utilizados por la mayor parte de las personas, incluyendo personas con discapacidad y personas de edad avanzada, de forma autónoma o mediante las ayudas técnicas pertinentes.
Accessible Rich Internet Applications Vers: 1.0- w3c [35]	Accesibilidad / estas recomendaciones se describen como facilitar el acceso a personas con discapacidades a sitios Web que contengan contenidos dinámicos, así como aquellos con controles avanzados de la interfaz de usuario que se encuentren desarrollados en Ajax, HTML, JavaScript, y tecnologías similares.
Web Content Accessibility Guidelines- w3c [35]	Accesibilidad / este documento ofrece una serie de guías que explican cómo hacer que el contenido Web sea accesible para personas con discapacidad. El término "contenido" Web normalmente hace referencia a la información contenida en una página Web o en una aplicación Web, incluyendo texto, imágenes, formularios, sonido, etc.
AGR002, courseware delivery stations v9.1- AICC [62]	Arquitectura /este documento contiene recomendaciones para el alumno a la hora de adquirir una plataforma totalmente compatible para los cursos de aprendizaje virtual de modo que permita a una compañía aérea establecer un sistema de prestación de servicios de formación virtual, con la capacidad de ofrecer la más amplia gama de cursos de aviación.
IMS Abstract Framework [63]	Arquitectura / la especificación IMS Abstract Framework, es una herramienta que define como se desarrollarán las especificaciones dedicadas a la interoperabilidad de IMS de modo que, aun no siendo una arquitectura como tal, es capaz de cubrir todas las necesidades y servicios que pudiera tener una plataforma de aprendizaje virtual.
A European Model for Learner Competencies [65]	Competencias /el documento A European Model for Learner Competencies de CEN tiene como objetivo el desarrollo de modelos de datos, protocolos y enlaces capaces de hacer frente a las necesidades europeas específicas y las preocupaciones por las diferentes maneras de expresar las competencias, que garantizan el manejo seguro de la información personal en entorno de aprendizaje abierto y distribuido
Data Model for Reusable Competency Definitions- IEEE [66]	Esta Norma se encarga de definir un modelo de datos que facilite la descripción, la referenciación, y el intercambio de definiciones de competencias, principalmente en el contexto del aprendizaje online distribuido
SCORM Content Aggregation Model [67]	Contenidos / el Content Aggregation Model (CAM) o Modelo de Agregación de Contenidos de SCORM es uno de los tres libros que forman el modelo creado para la enseñanza virtual de ADL.
Computer Managed Instruction [62]	Contenidos /las recomendaciones descritas en el documento AGR006 de AICC ofrecen un marco de trabajo para el intercambio de contenidos en los sistemas de enseñanza virtual desarrollados por AICC
IMS Common Cartridge v1.0 [63]	Contenidos / la especificación Common Cartridge de IMS define una forma de comunicación clara y no ambigua encargada de transferir contenido Web entre diferentes organizaciones, o particulares, ofreciendo un alto grado de interoperabilidad entre plataformas.
A Simple Query Interface Specification for Learning Repositories [65]	Repositorios / el estándar A Simple Query Interface Specification for Learning Repositories ofrece una Interfaz de Programación de Aplicaciones (API) para la consulta de repositorios de objetos de aprendizaje.
IMS Digital Repositories Interoperability [63]	El estándar Digital Repositories Interoperability de IMS tiene como objetivo la elaboración de recomendaciones que permitan la interoperabilidad entre diferentes repositorios digitales y creados por desarrolladores diferentes

experiencia de los estudiantes, y estereotipos). Esta representación se puede realizar por medio de técnicas de inteligencia artificial [72]. La mayoría de tutores inteligentes se centran en la comprensión y la construcción de un comportamiento inteligente de arriba hacia abajo del modelo de conocimiento, poniendo especial atención en lo que un agente necesita saber para comportarse de manera inteligente.

El segundo aspecto a considerar en la construcción de modelos de estudiante es la manera de actualizar la información para inferir el conocimiento actual del estudiante. Para ello, existen algunas metodologías entre las cuales se encuentra la actualización de las normas que consiste en comparar las respuestas de los estudiantes con las respuestas de expertos comparables o secuencias de acciones.

El modelo pedagógico permite determinar el estado de conocimientos de los alumnos, de los conceptos presentes en el dominio, y la estrategia necesaria para transmitir esos conocimientos. [44]. El modelo pedagógico debe responder a los siguientes interrogantes: (a) ¿Cuándo intervenir?: el modelo pedagógico determina cuándo una intervención es deseable. (b) ¿Por qué intervenir?: el objetivo puede ser para comprobar el conocimiento adquirido del estudiante o guiarlo en su formación. En este proceso Woolf [68] define dos tipos de estrategias pedagógicas: las relacionadas con escenarios entrenadores para comprobar los conocimientos de los estudiantes y las estrategias pedagógicas relacionadas con la orientación a los estudiantes por métodos activos (formación por la acción) y métodos explicativos (formación por la explicación). (c) ¿Cómo intervenir?: hace referencia a la estrategia utilizada para modificar el medio ambiente, o adicionar información que tenga en cuenta el perfil del estudiante y las características del medio ambiente. Entre los métodos de intervención se encuentran: (a) el método *socrático*: el sistema hace preguntas con el fin de animarlo a analizar sus propios errores. (b) El método de *entrenamiento*: el sistema espera hasta que el estudiante le pide ayuda. (c) El método de *aprendizaje por la práctica*: el sistema está activo, y motiva al estudiante a seleccionar la información y deducir orientaciones sobre el modelo de dominio; (d) El aprendizaje por *métodos*: el sistema permanece en tarea de fondo y sólo ofrece puntualmente consejos. [68]. (e) El modelo de planificación instruccional permite de forma dinámica ofrecer a los estudiantes actividades teniendo en cuenta conocimientos previos en sistemas de tutoría inteligente [167].

El modelo de interfaz o comunicación define el proceso de comunicación entre el usuario y el tutor en el sistema. Las técnicas y/o metodologías a utilizar en el modelo son: (a) agentes pedagógicos, entidades autónomas, que toman decisiones y tienen conexión con el medio. (b) Sistemas de inteligencia social, modelos que establecen relación entre las emociones y las características sociales de los estudiantes, como por ejemplo, los sistemas que reconocen emociones [73], los dispositivos de hardware (sensores) [74] que permiten determinar estados de ánimo por medio de señales electrónicas, los sistemas hipermedia adaptativo [75] y los sistemas que procesan lenguaje natural [72].

Entre las técnicas utilizadas en el desarrollo de tutores inteligentes se encuentran: i) la inteligencia cognitiva o ciencia artificial (*IA*), que incluyen los modelos de seguimiento y los basados en métodos de restricciones [76] Las técnicas de *IA* incluyen la lógica formal [77], sistemas expertos [75] el reconocimiento de planes, y las redes bayesianas [18].

Las técnicas de ciencia cognitiva se utilizan principalmente para la actualización del modelo del estudiante y modelar el conocimiento en el modelo de dominio. En es-

te proceso se desarrolla un método de seguimiento, que contempla los procesos de aprendizaje de un ser humano y que a su vez puede ser modelado por métodos similares al procesamiento de la información. Por ejemplo, las normas o temas que sean conocidos por los estudiantes. También en esta técnica se puede utilizar los métodos basados en restricciones, que supone lo contrario, es decir, el aprendizaje no puede ser completamente almacenado y sólo los errores (obstáculos de última hora) pueden ser reconocidos por el sistema de información. Ambos métodos han sido exitosos dados los resultados del proceso de aprendizaje [68].

En las técnicas de inteligencia artificial, los modelos de estudiantes, el modelo de interfaz, el modelo pedagógico y el modelo de dominio, pueden ser actualizados por medio de técnicas de IA, que permiten representar y en muchas ocasiones razonar acerca del conocimiento de los estudiantes [68]. Entre las principales técnicas se encuentran la lógica formal, los sistemas expertos, los métodos de planeación, y la predicción en redes bayesianas. El objetivo de estas técnicas es mejorar la potencia de cálculo del razonamiento del modelo. A continuación se explican brevemente cada una de estas técnicas:

La lógica formal hace implícitas declaraciones explícitas y se encuentra en el corazón de razonamiento, es decir, la lógica uno de los primeros y más exitosos objetivos de la investigación en IA, que toma un conjunto de declaraciones y supone que es aceptado como verdadero sobre una situación determinando las situaciones causantes de otras afirmaciones. Una amplia variedad de sistemas lógicos ofrecen una variedad igualmente amplia de formatos para representar la información. La lógica formal es un conjunto de reglas para hacer deducciones que parecen evidentes por sí mismas, y que se basan en representaciones simbólicas de objetos y relaciones [78].

Los sistemas expertos difieren de la lógica formal porque el conocimiento está organizado y actualizado y verifica cómo se ejecuta el modelo. Los sistemas expertos almacenan en una base de conocimiento la información, para luego acceder y dar solución a diferentes problemas. Los sistemas expertos se han utilizado con los tutores inteligentes para enseñar habilidades de clasificación y para resolver problemas. Muchos sistemas expertos son basados en reglas (condición-acción), y su capacidad de representación se limita en el modelo del estudiante. Es decir, una sola solución a un conjunto de normas puede representar una vía única en el dominio, pero múltiples caminos no pueden ser representados con las normas. El problema de la búsqueda para determinar que la regla debe ejecutarse es computacionalmente alto, además, el conocimiento del estudiante es difícil de evaluar [78]. Los modelos de planeación y reconocimiento permiten a los tutores razonar sobre los pasos que los estudiantes deben seguir en una actividad determinada. Un modelo de estudiante que utiliza el reconocimiento de plan se compone generalmente de n árboles, analizados de abajo hacia arriba, con nodos y hojas en la parte inferior; el árbol se conoce como el plan, y el reconocimiento del plan es el proceso de inferir. El objetivo es el nodo de la raíz superior, y las hojas contienen acciones; las hojas también contienen eventos que se pueden describir en términos de probabilidades. Los niveles más altos del árbol son considerados sub-objetivos [78], las redes bayesianas (o redes de creencia) son una manera práctica y compacta de representar el conocimiento incierto; una red bayesiana es un grafo dirigido no cíclico. En el campo educativo son de gran apoyo cuando los profesores

no tienen acceso a todo el conocimiento y en el desarrollo cognitivo de los estudiantes se genera una incertidumbre, por lo tanto, la lógica formal, sistemas expertos, y el reconocimiento del plan, (cuyos objetivos son encapsular todos los conocimientos del dominio en algunas expresiones), tienen una comprensión limitada del estudiante [18]. De igual forma los algoritmos de agrupamiento permiten la agrupación de grandes cantidades de datos como por ejemplo realizar agrupaciones de estudiantes por estilos de aprendizaje o preferencias. [143][144][145][146].

2.1.2.6 Síntesis Educación

Los conceptos expuestos en esta sección aportan el componente educativo que se tuvo en cuenta en el proyecto, características tales como: los ambientes *e-learning*, aspectos a tener en cuenta cuando se trabaja con objetos virtuales de aprendizaje, técnicas de la ingeniería en el diseño de sistemas computacionales con componentes educativos, son factores que se incluyen en el modelo adaptativo de aprendizaje para personas con discapacidad.

Lo anterior permite ajustar el contenido o despliegue de la información a las características o necesidades particulares de los estudiantes, proceso que define "*adaptación*"; a continuación se describen los principales referentes teóricos de adaptación.

2.1.3 Adaptación

La Real Academia Española [79], define la adaptación como "*el proceso de adaptar*", y este último como "*la acción de acomodar ajustar algo a otra cosa*". Teniendo en cuenta la definición anterior, la adaptación en sistemas de información es la manera en la que se muestra la información al usuario, necesaria, teniendo en cuenta sus necesidades, preferencias, gustos e involucrando características del contexto [80].

Kardan *et al.* [81], afirman que los sistemas de adaptación son diferentes de los sistemas adaptables. La principal diferencia radica en la parte responsable del proceso de adaptación. Si el usuario es responsable del proceso de adaptación, el sistema recibiría el nombre de sistema adaptable; por otra parte, si el sistema se adapta a las necesidades de los usuarios, entonces se considera como un sistema adaptativo. En un sistema adaptativo, para llevar a cabo el proceso de adaptación, es necesario recoger la información específica sobre los usuarios y su entorno de forma automática.

Un sistema con características de adaptación generalmente incluye tres subsistemas [28]: (1) Modelo de dominio, que principalmente incluye el modelo de las principales entidades que soportan el marco de referencia, los conceptos que definen el sistema y las relaciones entre los conceptos en el sistema de información. El modelo de dominio permite de igual forma determinar la estructuración teórica del sistema de información y sobre el cual se realiza todo el modelado de datos. (2) Modelo de usuario, que describe las propiedades que caracterizan al usuario y que enriquecerían los servicios que el sistema le ofrece. (3) Modelo de adaptación que define un conjunto de normas para cumplir con los requerimientos del modelo de usuario y permitir la adaptación al contenido.

2.1.3.1 Tipos de adaptación

Según Schwinger *et al.* [82], la adaptación se puede clasificar según el género, que tiene en cuenta los cambios que se deben hacer y las operaciones tales como filtros de contenido y la adición de vínculos. El tema de adaptación es aquello que hay que cambiar, como el contenido, la estructura de navegación o la presentación. El proceso de adaptación hace referencia a la forma en la cual la adaptación se lleva a cabo. De acuerdo a Brusilovsky [83], pueden ser adaptados dos aspectos: el contenido teniendo en cuenta las características del usuario, también llamada "adaptación a nivel de contenido" o "presentación adaptativa". El segundo aspecto hace referencia a las posibilidades ofrecidas al usuario de navegar en los documentos hipermedia de una manera personalizada. Este tipo de adaptación también es denominada "adaptación a nivel de vínculos" o "soporte adaptativo de navegación".

Adaptación a nivel de contenido y navegación: el objetivo de la adaptación a nivel de contenido es ajustar el contenido a las preferencias [84], los objetivos, el conocimiento y otras informaciones almacenadas en el modelo de usuario [85]. El objetivo de la adaptación a nivel de la navegación es ayudar a los usuarios a encontrar sus caminos en el espacio de navegación adaptando la presentación y las funcionalidades de los vínculos a sus objetivos, sus conocimientos y otras características. [83]. Esta ayuda se focaliza en aspectos de la navegación tales como [84]: la generación, la apariencia, la ubicación espacial, la funcionalidad. Min *et al.* [85] afirman que el aprendizaje adaptativo se centra principalmente en dos tecnologías: los sistemas hipermedia adaptativos y la tecnología de *web* semántica. El sistema hipermedia adaptativo ofrece adaptación a la navegación y a la presentación del contenido. La *web* semántica permite adaptar la información al permitir representar el conocimiento y procesar reglas de razonamiento con fines específicos.

Adaptación teniendo en cuenta el contexto: el contexto desempeña un papel fundamental en la adaptación, se utiliza para satisfacer las expectativas del usuario, el cambio de dispositivo, las limitaciones de recursos de aplicaciones y para optimizar la calidad del servicio. El contexto es la capacidad de percibir situaciones del usuario en todas sus formas, y la adaptación como consecuencia del comportamiento del usuario en el sistema, es decir, los servicios y el contenido suministrado a los usuarios. [86]. Chaari *et al.* [80] afirman que para establecer adaptación sensible al contexto es necesario modelos y herramientas para describir la fuente de información, modelos y herramientas para describir el objetivo de la adaptación, por ejemplo aplicaciones, arquitecturas y servicios, medios de adaptación y las herramientas para modificar el objetivo de la adaptación al cambio de contexto. Jeon *et al.* afirman que las preferencias de los usuarios en sistemas de información permiten la adaptación de contenidos utilizando técnicas avanzadas de recuperación de información, con el fin de desplegar la información al usuario como prefiere. [87]. Gómez afirma que los elementos que hacen parte del contexto en un ambiente educativo són: (a) información temporal del usuario como lo són gustos, intereses y preferencias; (b) Información de hardware y software del dispositivo de acceso; (c) Condiciones espaciales y de localización del lugar de conexión; (d) Las condiciones físicas que afectan el proceso de aprendizaje como el ruido y la iluminación [168][169].

Adaptación teniendo en cuenta el dispositivo de acceso: la W3C Afirma "el contenido de la *web* debe estar disponible en cualquier dispositivo". Es necesario tener en cuenta las capaci-

dades del dispositivo, la localización y la información del contexto. De igual forma, el W3C afirma que el dispositivo de acceso es un aparato mediante el cual un usuario puede percibir e interactuar con la *Web*, debe ser ligero, manipulable e inalámbrico. [35]. Muestra de lo anterior hace referencia el sistema Nomad [88], el cual permite adaptar la información, integrando varias dimensiones (entre las cuales se pueden citar: contexto, perfil de usuario, dispositivo de acceso y conexión inalámbrica) tomando en cuenta las necesidades y características del usuario y su dispositivo de acceso.

Chang *et al.* [89] proponen una herramienta basada en la adaptación de contenidos que utiliza plantillas de forma automática para mostrar los contenidos de manera eficiente en dispositivos móviles en un ambiente de aprendizaje. Mediante el ajuste de los parámetros del dispositivo los usuarios pueden manipular el proceso y cambiar el resultado del despliegue de la información. La herramienta permite al usuario previsualizar el contenido adaptado y decidir si es apropiado para leer en el dispositivo actual. Sanchez *et al.* [90] afirman que la transformación de las interfaces consiste en la modificación de ciertos elementos esenciales del diseño presentado para un computador, con el fin de adaptarse adecuadamente a las limitaciones de tamaño de pantalla de los dispositivos portátiles digitales.

Baldiris *et al.* [173] desarrolla un sistema de adaptación teniendo en cuenta el estilo de aprendizaje de los estudiantes de forma dinámica con el fin de adaptar contenidos educativos.

2.1.3.2 *Síntesis Adaptación*

La adaptación permite que los sistemas de información ajusten el contenido o el despliegue de la información teniendo en cuenta el perfil de estudiante, el dispositivo de acceso y el contexto del usuario. Lo anterior es una oportunidad en el campo educativo en estudiantes con discapacidad y dificultad, debido al ajuste de contenidos y actividades educativas teniendo en cuenta las necesidades particulares que permiten complementar el proceso de aprendizaje en las instituciones educativas. A continuación se describen los trabajos relacionados en las tres áreas base de proyecto, educación, discapacidad y adaptación, al igual que una síntesis que las interrelaciona.

2.2 TRABAJOS RELACIONADOS

La consecución y el análisis de trabajos relacionados se realiza desde tres perspectivas que involucran las áreas de educación, discapacidad y adaptación, al finalizar se realiza una síntesis que permite determinar aspectos de comparación y unas conclusiones.

2.2.1 *Trabajos con relevancia en discapacidad*

Kerr [91], muestra el desarrollo de un cd interactivo de información especial para discapacitados realizado en Inglaterra, que tiene en cuenta las dificultades de las personas con limitaciones para acceder a la información. El sistema permite emitir la información en cinta de audio, *Braille* y en letra grande, todo controlado por el usuario. Además, se dirige especialmente a personas sordas que no pueden leer ni interpretar

el idioma inglés; el dispositivo se utiliza a través de un televisor, en donde el usuario maneja el control del clic para la navegación por medio de un teléfono de infrarrojos. Vale la pena resaltar que en las pruebas y validación de este trabajo, participó un alto número de personas con discapacidad, lo que permitió conocer de forma real, el manejo del lenguaje y las necesidades de la comunidad. Sin embargo, el sistema no permite la actualización dinámica del contenido. Adicionalmente, no adapta la información a nuevas necesidades de las personas.

Burgstahler [92], realizan un análisis de la inclusión de personas con discapacidad en el campo de la informática; una de las mayores dificultades presentadas en el proceso de enseñanza en las entidades de educación superior a niveles de Ingeniería es la accesibilidad a materiales curriculares, guías, equipos de laboratorio, manejo de conducta y motivación por parte de los docentes cuando se incluyen en los cursos de personas con discapacidad. Existen herramientas y software que facilitan el acceso pero aún se encuentran inconvenientes como el presentado por personas ciegas al no poder acceder a la información incrustada internamente en una gráfica. El documento presenta una justificación importante en temas de discapacidad; sin embargo, no muestra el aporte desde la Ingeniería en desarrollos tecnológicos que faciliten la vinculación de personas con discapacidad a programas de educación superior.

En el trabajo de Roberts [93], el propósito principal fue determinar si el software de reconocimiento de voz podría ayudar a superar algunas barreras que existen para las personas con discapacidad en los procesos de aprendizaje. Para ello, realizaron una prueba experimental con grupos de discapacitados que habían terminado recientemente su secundaria. En primera instancia fueron entrenados en diferentes sistemas de reconocimiento de voz; luego ellos debían instalar el software e interactuar con él en las clases normales; los resultados determinaron que este tipo de sistemas no son significativamente una estrategia de comprensión de los contenidos ya que tales sistemas tienen problemas de eficacia y velocidad. El aporte significativo de este trabajo son los hallazgos encontrados en sistemas de reconocimiento de voz, los cuales contribuyen a mejorar la interacción del usuario con la máquina. Sin embargo en sistema no presenta información de aplicabilidad en discapacidades cognitivas.

Cartel *et al.* [94], presentan un análisis referente a los sistemas de acceso a la *web* de las personas con discapacidad; el documento hace referencia a cuatro categorías principales de discapacidades que afectan a este tipo de personas cuando utilizan la *web*. La primera es la movilidad que incluye la imposibilidad de moverse, la falta de destreza para operar un ratón o un teclado, la incapacidad para controlar el movimiento no deseado, la falta de extremidades, entre otras. La segunda es la audición presentándose de forma parcial o total. La tercera corresponde a la visión que incluye grados tales como total, parcial, e incluso existen diferentes percepciones del color (colores diferentes, sólo algunos colores, entre otras). Por último se encuentra la discapacidad en cuanto a la cognición y el aprendizaje que incluyen dificultades de lectura, comprensión, atención, memoria y escritura. El *World Wide Web Consortium (W3C)* enumera algunas barreras de acceso más comunes entre las que se destacan: las imágenes sin alternativas de texto, el uso engañoso de la escritura, audio o video no descritas, la falta de información alternativa para los usuarios que no pueden acceder a los marcos o comandos, las tablas, los lugares que tiene contraste de colores pobres. El artículo presenta información acerca de entidades que regulan y trabajan por tecnología de ac-

ceso para las personas con discapacidad; sin embargo, los autores no mencionan como aporta la normatividad en un proceso de enseñanza en estudiantes con dificultades o discapacidad.

Cheng *et al.* [16], presentan en su trabajo un dispositivo de comunicación inalámbrica que utiliza el código *Morse* para permitir a las personas con discapacidad física, acceder a la información contenida en páginas *Web*. La tendencia actual es la producción de alta tecnología en herramientas de adaptación para las personas con discapacidad con el fin de ayudarlas al auto-aprendizaje, crecimiento personal, y garantizar la independencia. Para el diseño del dispositivo de comunicación se utilizó en el trabajo el código *Morse*, un excelente candidato para la adaptación de comunicación en un dispositivo, debido a los códigos que permiten reducir la extensión semántica en el desarrollo de las frases. El trabajo presenta relevancia en discapacidades sensoriales; sin embargo, no presenta información para discapacidades cognitivas.

Treviranus [95], realizó una investigación donde exploró la forma de interpretar conceptos básicos en un curso de Geografía, por medio del tacto, sonidos y el habla, integrando estas habilidades en un currículo utilizado a larga distancia. El principal aporte de este trabajo muestra que los estudiantes que son ciegos requieren de mecanismos de acceso táctiles, a fin de procesar los nuevos conceptos en un proceso de aprendizaje; sin embargo, el trabajo no presenta los diseños ni descripciones del sistema desarrollado que permita determinar la utilidad en personas con discapacidad cognitiva y no solo sensorial.

Betke *et al.* [25], desarrollaron un sistema denominado “cámara-ratón”, con el propósito de proporcionar acceso a un ordenador para las personas con discapacidades severas físicas de forma parcial involucrando los miembros superiores. El sistema rastrea los movimientos del usuario (nariz o dedo) a través de una cámara y los traduce en los movimientos del ratón en la pantalla. Este trabajo presenta un avance significativo en sistemas de acceso al computador de personas con discapacidad; sin embargo, en este trabajo se reconocen problemas de velocidad, reconocimiento y altas restricciones de máquina y de funciones.

Prendiger *et al.* [96], analizan las ventajas y desventajas de un sistema *AUIS* (acrónimo de interfaces de atención para usuarios), con el objetivo de aprovechar la riqueza de información que puede obtenerse de la mirada de los usuarios y deducir los aspectos relevantes de su desarrollo y estado cognitivo. Los autores consideran que la mirada es una pista excelente para los estados de interés, intención, preferencia y la confianza en la comprensión, aspecto que puede ser utilizado en un proceso de enseñanza. Sin embargo no es evidente la aplicabilidad en otras discapacidades cognitivas. Arvanitis *et al* [97] realizan un análisis de la influencia de un sistema móvil utilizado en educación para ayudar a la integración de personas con discapacidad al conocimiento en diferentes áreas. Como aporte importante de esta investigación se tienen las recomendaciones que toman en cuenta las necesidades educativas especiales en el diseño de tecnologías móviles. Sin embargo, este trabajo no tuvo en cuenta las tecnologías de la telefonía móvil y los nuevos dispositivos portátiles, lo que contribuiría a mejorar la adaptación de la información en diferentes contextos.

Sánchez [98], desarrolló un sistema llamado Audiomemorce, cuya interacción se hace a través de sonidos lo que estimula el desarrollo y uso de la memoria a corto plazo. El sistema fue probado con niños ciegos que realizaban tareas cognitivas con el apoyo

de personas denominadas facilitadores cuyo rol era realizar un seguimiento y orientación en el momento en que los niños lo necesitaran. La conclusión más importante de este trabajo se evidencia en el control y la orientación que sintieron los niños con los juegos. En el diagnóstico se encontró que a los niños les pareció el software fácil de usar; sin embargo, los niños invidentes necesitaron un facilitador para manejar el sistema. No obstante, Audiomemorice presenta debilidades como la falta de un sonido que advierta la finalización del juego y la posibilidad de interactuar con otras temáticas diferentes a las implementadas actualmente.

Rodríguez *et al.* [99], afirman que la adaptación es esencial en cualquier ambiente virtual de aprendizaje, para determinar las características de los usuarios y su evaluación en el tiempo. Para ejecutar el proceso de aprendizaje es necesario tener en cuenta las necesidades personales y las preferencias sobre cómo estos interactúan con los contenidos y los servicios. En este artículo se describe el proyecto denominado *EU4ALL* que se aplica a estudiantes con discapacidad, en donde se usaron escenarios de aprendizaje para determinar el modelo de adaptación teniendo en cuenta el contexto. El documento no presenta la arquitectura del sistema para determinar cómo se hace el proceso de adaptación. Sólo presenta las estrategias, dejando de lado la definición de un perfil de usuario que permitiría mejorar el despliegue en la información.

Harrison *et al.* [100], desarrollaron diferentes prototipos de software y planes de estudios bajo las teorías actuales de las tecnologías de la comunicación, teniendo en cuenta el contenido para satisfacer las necesidades de los alumnos adultos con una amplia gama de discapacidades físicas como las que impiden el movimiento parcial o total del cuerpo y de dificultades del aprendizaje como las alteraciones cognitivas, en los procesos de atención y memoria. El diseño se adapta específicamente al grupo de usuarios del cual se hizo la caracterización; sin embargo, es inaccesible para otros grupos de alumnos con discapacidad, tales como aquellos que presentan ceguera.

Davis *et al.* [101] desarrollaron un software que genera la comprensión narrativa dependiendo de las necesidades de cada niño que presenta autismo. La estrategia pedagógica usada en el sistema se basó en diferentes juegos interactivos con un contexto lúdico. El autismo es un trastorno generalizado del desarrollo de una persona que afecta la capacidad social. Aunque esta población es muy diversa, todos presentan deterioro en la comunicación, repetitivos patrones de comportamiento y resistencia al cambio en las rutinas. En esta discapacidad, la narración es fundamental en la construcción del significado social lo que permite desarrollar la interpretación. El software inicialmente permite la exploración de las capacidades de los niños con autismo para construir narrativas teniendo sólo imágenes y fotografías; la mayor dificultad presentada en la adaptación del sistema se evidencia porque el grupo de niños es muy heterogéneo. Sin embargo, los resultados evidenciaron avances significativos en niños que tenían autismo leve; no obstante, los niños con autismo alto no respondieron a la solución con las narrativas debido a que se presentaban un gran número y variedad en las historias. El sistema presenta fallos al no adaptarse de forma correcta cuando el niño falla en una historia al no permitirle presentarle otra del mismo tipo pero diferente.

Panselina [102], diseñaron y desarrollaron un sistema multimedia denominado "Panselina" con el objetivo de adaptar el despliegue de la información a estudiantes sordos que provenían de diferentes países. La estrategia metodológica usada se basa en el constructivismo en el que los participantes observan, hacen y prueban diferentes hipótesis

que verifican en diferentes contextos. El sistema presentó ventajas como: la navegación dentro de la herramienta es auto-explicativa y fácil de usar; la presentación de los materiales educativos en forma de un cuadro de diálogo hace que sea más interesante y completa; la existencia de simulación de los diálogos en lenguaje de señas y el lenguaje escrito (método bilingüe) familiariza a los estudiantes con el idioma secundario. Sin embargo, el sistema no presenta modelos de adaptación mencionados en la introducción del trabajo, como la influencia del perfil del estudiante, la discapacidad o del contexto en el despliegue de la información.

Mezak *et al.* [103] presentan los resultados de una investigación basada en la utilización de cursos con hipertexto adaptativa que permiten mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje por medio de modelos que adaptan las presentaciones y la navegación. Hipertexto adaptativa (AH) es un área en la que todos los sistemas de hipertexto e hipertexto reflejan algunas de las características del usuario en el modelo de usuario y aplican este modelo para adoptar varios aspectos visibles del sistema a las necesidades de la persona. La mayor atención del documento se ha centrado para que el módulo del estudiante tenga el conocimiento del usuario y de sus habilidades. En el módulo de navegación también se incluye la presentación de determinadas normas que definen cómo debe ser presentado el conocimiento, en qué orden y con qué medios en función de los usuarios de la discapacidad. Aunque este trabajo presenta aportes en cuanto a las funciones de un sistema adaptativo de educación, no incluye modelos ni arquitecturas de la estructura del sistema, se remite sólo a la planeación.

Ismail *et al.* [104], realizaron una investigación en donde se evidencia la necesidad de diseñar estrategias pedagógicas que puedan ser implementadas en software educativo y permitan ayudar a niños con autismo. Los niños con discapacidades de aprendizaje son tan inteligentes o más inteligentes que sus compañeros, pero pueden tener dificultades para leer, escribir, manejar la ortografía, realizar razonamiento, recordar y/o organización la información. Los estilos de aprendizaje intentan describir métodos por los cuales se obtiene información sobre su entorno. Las personas pueden aprender de forma visual, auditiva, y/o través de tocar o manipular un objeto. Por ejemplo, al mirar un libro de fotografías o leer un libro de texto se puede aprender a través de la visión; escuchar una conferencia en vivo o en una cinta consiste en aprender a través del oído, y presionando botones para determinar la forma de operar un reproductor de vídeo consiste en aprender de forma táctil. Sin embargo, el sistema no ha sido experimentado, aunque en su diseño muestra funciones relevantes de la metodología por módulos, y del perfil de los usuarios que se debe tener en cuenta. Sin embargo, se refiere al proceso de adaptación que no se aplica en el diseño ni en la arquitectura del sistema implementado.

Shih *et al.* [30] desarrollaron un software llamado DPAP (*Dynamic Pointing Assistive Program*), para personas con discapacidades múltiples. El software permitió a discapacitados motrices adquirir capacidades para seleccionar objetos o tareas en pantalla. No obstante, el trabajo no presenta funcionalidad para personas con discapacidades cognitivas.

Khlaikhayai *et al.* [105] diseñan un bastón para personas de tercera edad y con problemas visuales; presenta sensores y sistemas de alarma que pueden guiar al discapacitado. El trabajo presenta ventajas en términos de accesibilidad para personas con

discapacidad física; sin embargo, no menciona la funcionalidad para personas con discapacidad cognitiva.

Cowany *et al.* [15] desarrollaron una investigación utilizando tecnología para la asistencia de personas con discapacidad (*AT, asistive technology*) como ayuda para desarrollar la motricidad, funcionalidad y destreza en los entornos educativos, familiares y laborales. Los resultados mejoraron procesos de comunicación e integración de tareas. El sistema es funcional para personas con discapacidad física, pero no presenta funcionalidad para las personas con discapacidad cognitiva.

Lancionim *et al.* [106] realizaron estudios basados en programas de computación para estudiantes con discapacidad cognitiva. Los estudios permitieron determinar las ventajas del uso de tecnología en este tipo de discapacidades; sin embargo, no se menciona funcionalidad en sistemas educativos.

El proyecto Alternativa, financiado por la Comunidad Europea a través del programa *ALFA*, actualmente formula referentes curriculares en procesos de diversidad e inclusión apoyados por las *TIC* para personas con discapacidad [172].

Li-Tsang *et al.* [107] investigaron los efectos a largo plazo de las tecnologías de información y comunicaciones (*TIC*), utilizando un programa de capacitación para las personas con discapacidad intelectual (*DI*). El principal aporte hace referencia a la formación en *TIC* para personas con discapacidad intelectual, ayuda a maximizar los beneficios que la tecnología de la información puede ofrecer. El trabajo presenta las ventajas del uso de *TIC* en educación de personas para discapacidad; sin embargo, no generaliza ni tipifica las discapacidades. El Cuadro 6 muestra la comparación de los trabajos relacionados con relevancia en discapacidad.

Como se puede observar en el Cuadro 6 la mayoría de sistemas de información analizados están orientados a personas con discapacidad motriz o sensorial, son muy pocos los implementados para discapacidad cognitiva. A continuación se describen los trabajos relacionados con relevancia en educación.

2.2.2 Trabajos con relevancia en educación

Choi [108], afirma que uno de los métodos de instrucción efectiva para los estudiantes con dificultades en el aprendizaje, debido a discapacidades cognitivas, consiste en comprobar la capacidad de aprendizaje y el conocimiento previo de los estudiantes con el fin de apoyar y complementar los saberes faltantes. En este trabajo se diseñó un sistema de clases adaptativo que analiza las características de aprendizaje de los estudiantes con discapacidad cognitiva, diagnóstica el problema y luego proporciona asesoramiento adecuado, utilizando un mapa conceptual para representar las relaciones entre los conceptos de aprendizaje y los problemas de los estudiantes. Los estudiantes con discapacidades cognitivas tienen dificultades para la adquisición de competencias básicas o académicas de contenido. Así mismo, dichos estudiantes pueden leer y hablar bien, pero presentan dificultades al escribir. Es importante la arquitectura que presenta el sistema, aunque no menciona resultados de experimentación derivados de la investigación.

Santos *et al.* [109] realizan una investigación centrada en la construcción de modelos de usuario y la generación de dinámicas para proporcionar recomendaciones personalizadas de *e-learning*. Tradicionalmente, las personas con discapacidad tienen barreras

Cuadro 6: Comparación de trabajos relacionados- énfasis discapacidad.

Sistema	Discapacidad
(Kerr, 1993) [91]	Sensorial y de la comunicación (vista)
(Burgstahler, 2007) [92]	Motriz
(Roberts, 2002) [93]	Mudez
(Cartel & Markel, 2001) [94]	Motriz
(Cheng-San, Cheng-Huei, Li-Yen, & Cheng-Hong, 2008) [16]	Motriz
(Treviranus, 2000) [95]	Sensorial y de la comunicación (vista)
(Betke, Gips, & Fleming, 2002) [25]	Motriz
(Prendinger, Hyrskykari, Nakayama, Howell, & Bee, 2009) [96]	Cognitivo
(Arvanitis, Petrou, Knight, & Stavros, 2009) [97]	Sensorial y de la comunicación (vista)
(Sánchez, 2003) [98]	Sensorial y de la comunicación (Sordos)
(Rodríguez-Ascaso, Santos, & Del Campo, 2005) [99]	Cognitiva
(Harrison, Stockton, & Pearson, 2008) [100]	Motriz
(Davis, Dautenhahn, Nehaniv, & Powell, 2008) [101]	Cognitivo- Autismo
(Panselina, 2002) [102]	Sensorial y de la comunicación (Sordos)
(Mezak & Hoic-Bozic, 2006) [103]	Cognitiva
(Ismail, Nazlia, & Abdullah, 2009) [104]	Cognitivo, Autismo
(Shih, Chang, & Shih, 2009) [30]	Sensorial
(Khlaikhayai, Pavaganun, Mangalabruks, & Yupapin, 2010) [105]	Sensorial- (Ciegos)
(Cowan & Khan, 2005) [15]	Sensorial
(Lancioni, Singh, & O'Reilly, 2011) [10]	Cognitiva
(Li-Tsang, Lee, Yeung, Siu, & Lam, 2007) [107]	Cognitiva

elevadas en el acceso a la información en sistemas de cómputo. Una metodología que se utiliza para ayudar a superar estas barreras en la educación y el trabajo se realiza con un proceso donde interviene un tutor. Un tutor es visto como alguien que supervisa el comportamiento y el desarrollo de otra persona; a través de la enseñanza, asesora y proporciona apoyo psicológico. Sin embargo, esta metodología no tiene en cuenta la organización, la estructura, la ubicación, las habilidades interpersonales, las relaciones entre géneros, y las modalidades de trabajo flexibles. De este trabajo se rescata la modularidad creada para la estructura del proyecto; sin embargo, no presenta resultados tangibles experimentados con personas de una discapacidad específica.

Tuedor [13] realiza una investigación destinada a permitir que los niños con trastornos del espectro autista (TEA) y dificultades de aprendizaje, adquieran habilidades de lectura temprana. Los avances en el uso de la tecnología de asistencia se consiguen cuando el acceso a los sistemas de cómputo y servicios está disponible para las personas con discapacidad. Las consecuencias se visualizan cuando se logra el nivel en las habilidades en torno a la productividad, la independencia en sus actividades diarias, teniendo en cuenta las necesidades y los intereses. La facilidad de uso se refiere a la utilización y mejor forma de aprender a usar los dispositivos y sistemas de cómputo. Se trata de una medida que tiene en cuenta el nivel en el que un sistema puede ser aprendido o usado, obteniendo la seguridad, eficacia, eficiencia, y la actitud de los usuarios. Esto implica que las personas que usan un producto deben ser capaces de hacerlo de forma rápida y fácilmente, para cumplir a cabalidad sus tareas.

Moore *et al.* [27], afirman que los entornos de colaboración virtual (CVE) tienen un gran potencial para las personas con autismo. El autismo implica una "tríada de alteraciones", es decir: i) la persona con autismo tiene dificultades para relacionarse, y tener empatía con otras personas; ii) resulta difícil comprender y utilizar la comunicación verbal y no verbal; iii) hay una tendencia a la rigidez e inflexibilidad en torno al pensamiento, el lenguaje y el comportamiento. Los resultados de la investigación pudieron determinar un perfil de usuario que planean más adelante utilizar como "emociones computacionales" en programas multimedia para enseñar contenidos básicos. Sin embargo, el trabajo no describe la funcionalidad con otras discapacidades cognitivas.

Mohamad *et al.* [110], afirman que las interfaces de usuario son un factor de éxito en el desarrollo de la formación y los sistemas de aprendizaje que utilizan dispositivos computacionales. Los resultados obtenidos de la experimentación del sistema en niños entre los 9 y 11 años evidenciaron un aporte significativo en el aumento en términos de eficacia de utilización de la memoria en un ambiente virtual de aprendizaje. Sin embargo, el sistema aunque aplica técnicas de un modelo constructivista, no es claro si fue basado en una estrategia pedagógica existente.

Bermuy *et al.* [111], definen *e-learning*, como el aprendizaje electrónico, basado en soluciones tecnológicas que integran software y hardware para promover la adquisición y operación de los conocimientos, habilidades, destrezas, capacidades y la colaboración entre los usuarios en un ambiente pedagógico. El modelo propuesto presenta características de ambientes colaborativos, los cuales deben adaptar su comportamiento a los estudiantes, motivar el trabajo y la construcción de redes de actividad social. Los sistemas también deben proporcionar información para facilitar el aprendizaje, la colaboración, y las interacciones entre los estudiantes y profesores con los objetos virtuales

de aprendizaje. No obstante, no se presentan resultados de experimentación en donde se evalúe la viabilidad de la arquitectura del modelo presentado.

Ando *et al.* [11] evidencian la importancia de utilizar objetos virtuales de aprendizaje basados en una herramienta multimedia, las cuales implican la representación intuitiva de un lenguaje gráfico que expresa un lenguaje verbal, y representa en muchas ocasiones aspectos emocionales de los conocimientos (también llamado conocimiento tácito). El sistema diseñado fue probado en la enseñanza de la domótica. Los resultados de la investigación evidenciaron la motivación de los estudiantes y un alto desempeño en el proceso de enseñanza y aprendizaje. El trabajo cooperativo y colaborativo implementado en el ambiente fueron obstáculos en el dispositivo móvil. Este trabajo muestra aspectos de relevancia que pueden ser tenidos en cuenta cuando se implementan ambientes virtuales de aprendizaje; no obstante, no se evidencia la metodología usada en el diseño del ambiente.

Winn [48], afirma en su trabajo que el diseño basado en instrucciones es una de las disciplinas en que la educación virtual basa sus modelos pedagógicos. Cuando se diseña este tipo de ambientes, la principal herramienta son las simulaciones, ya que el estudiante tiene la capacidad de actuar sobre el medio ambiente de forma experimental no necesariamente para observar sino para interactuar en el proceso. La creación de simulaciones interactivas conlleva naturalmente a la idea de construir todo un entorno de aprendizaje, en el que el estudiante tiene una libertad sin precedentes para actuar. En este trabajo es evidente el modelo pedagógico basado en instrucciones y muestra características de importancia a tener en cuenta como la cooperación, el uso de simulaciones y la necesidad de tener en cuenta al usuario final, en este caso, el estudiante. Sin embargo, no muestra el impacto, o el resultado de la experimentación en ambientes educativos reales.

Torrente *et al.* [112] definen la tendencia en el desarrollo de entornos virtuales de aprendizaje, aplicando características de flexibilidad y adaptación, que permiten modificar su contenido y comportamiento para satisfacer las necesidades de los estudiantes. Otro aspecto importante, cada vez más en el campo de tecnologías de la educación es la inclusión de juegos digitales en entornos educativos, que incluyen adaptación, con el objetivo de dar respuesta precisa a las actividades realizadas por el usuario. Es importante la utilización de juegos educativos, pero estos no deben suplir otros enfoques y herramientas de enseñanza en los entornos virtuales. El trabajo no describe las ventajas de utilizar la tecnología en estudiantes con discapacidad. El trabajo desarrollado por Torrente *et al.* [112] propone un modelo de integración que posee contenidos en la *web* y juegos que complementan el ambiente virtual, con características de adaptación como la personalización de la interfaz gráfica de usuario (*GUI*), el apoyo a diferentes objetivos de aprendizaje o niveles de conocimiento inicial. Es necesario incluir adaptación en ambientes virtuales, porque la definición de los perfiles de los estudiantes permite independizar estilos de aprendizaje. Un ejemplo de ello es la diferencia que puede marcar aquellos estudiantes que tienen un enfoque libre y experimental, con aquellos que prefieren un seguimiento y la orientación directa de un docente. Este trabajo presenta la importancia de incluir adaptación en el diseño de sistemas virtuales de aprendizaje, aunque no muestra estadísticas y resultados de la aplicación.

Siang *et al.* [113] sostienen que las teorías de juego proporcionan un mejor marco para el diseño de ambientes virtuales de aprendizaje, debido al diseño interactivo y

atractivo. El diseño de juegos en ambientes virtuales aprendizaje genera resultados interesantes que permiten desarrollar competencias y habilidades de forma concreta y certera. Este trabajo es de relevancia para la investigación, ya que con los resultados obtenidos se justifica el diseño de ambientes virtuales de aprendizaje para el desarrollo de competencias y como estrategia educativa. Sin embargo, no presenta funcionalidad en diferentes tipos de discapacidad.

Ortiz *et al.* [114] desarrollaron un sistema denominado *ELEIN* para determinar la importancia de las emociones en los ambientes virtuales de aprendizaje, debido al reemplazo del docente por un tutor virtual. El sistema utilizó un agente, representado en un avatar que permitía realizar el proceso de tutoría, actuando en tiempo real y completamente inmerso en el curso. Dentro de los resultados encontrados es evidente mencionar que la utilización de un tutor virtual facilita la interacción social con la máquina, el estudiante considera que el sistema es más fiable y creíble, aumenta el compromiso por parte de los estudiantes con el ambiente virtual, llama la atención del estudiante generando emociones, y permite centrar la atención del estudiante en aquellos temas que crea que no son de su interés. Este trabajo es significativo por cuanto muestra la importancia de la utilización de un tutor virtual en un ambiente virtual de aprendizaje, aunque el documento no es claro en cuanto a la población en la cual se realizó la investigación ni la temática de los cursos implementados.

Aranda *et al.* [115] afirman que un proceso de aprendizaje implica dos pasos: recepción y procesamiento de información. Durante el primer paso, la gente recibe información externa, lo cual es observable a través de los sentidos internos y la información que surge de la introspección, siendo esto de gran importancia cuando se interactúa con un ambiente virtual de aprendizaje. El sistema implementado indica aspectos importantes al tener en cuenta cuando se diseñan ambientes virtuales, aunque no esboza la arquitectura completa ni muestra la forma en la que se implementó.

Sanchez *et al.* [116], afirma que la conceptualización implica la identificación de los conceptos y los posibles cambios conceptuales cuando se explora y el estudiante se acerca al contenido. Se trata de los procesos de meta-cognición, la representación, y la adaptación, procesos fundamentales en la construcción de significado. La investigación realizada por los autores está determinada por un modelo diseñado para un ambiente virtual de aprendizaje que permitió la formación de maestros como tutores virtuales, evidenciando la importancia de la preparación previa de actividades y contenidos. Este trabajo sirve de base para la extracción de características de los docentes en el proceso de *e-learning*, sin embargo no contempla la aplicación en estudiantes con dificultades o discapacidad.

Kirscher *et al.* [117] presentan un marco para el diseño y desarrollo electrónico de los ambientes de aprendizaje colaborativo basado en dos principios, (a) las propiedades emergentes de la sistémica y el ambiente educativo, social y tecnológico, y (b) la aplicación del diseño de interacción para asegurar tanto la facilidad de uso como la utilidad. Este trabajo es de relevancia, por cuanto indica la importancia de considerar características de los estudiantes que pueden influir en el ambiente virtual de aprendizaje. No obstante, no es claro como se aplicó el modelo pedagógico.

Lancioni *et al.* [118], realizaron estudios con diferentes pacientes, uno basado en una cámara para determinar las respuestas dadas por los discapacitados en un entorno educativo, en especial aquellos que presentaban problemas mentales y motrices; deter-

Cuadro 7: Comparación de trabajos relacionados énfasis educación.

Sistema	Características pedagógicas / Modelo Pedagógico
(Choi, 2004) [108]	Sí
(Santos, Couchet, & G. Boticario, 2009) [109]	Sí
(Tuedor, 2006) [6]	No
(Moore, Cheng, McGrath, & Powell, 2005) [27]	Sí
(Mohamad, Velasco, Sylvia, & Tebarth, 2004) [110]	Sí
(Bemuy & Garcia, 2006) [111]	Sí
(Ando, Piotr, & Wierzbicki, 2007) [11]	Sí
(Winn, 2002) [48]	Sí
(Torrente, Moreno-Ger, & Fernandez-Manjon, 2008) [112]	Sí
(Siang & Rao, 2004) [113]	Sí
(Ortiz, Oyarzun, & Del Puy Carretero, 2009) [114]	Sí
(Aranda, Vizcaíno, Cechich, & Piattini, 2005) [115]	Sí
(Sanchez & Miranda, 2006) [116]	Sí
(Kirschner, Strijbos, Kreijns, & Beers, 2006) [117]	Sí
(Lancioni & Bellini, 2010) [118]	No

mina estados de ánimo y comportamiento. El trabajo brinda información acerca del dispositivo de acceso en sistemas de adaptación educativo; sin embargo no menciona la adaptación a nivel de contenido. El Cuadro 7 muestra la comparación de los trabajos relacionados con relevancia en educación.

Como se puede observar en el Cuadro 7, la mayoría de trabajos analizados tiene características pedagógicas que indican la necesidad de un modelo pedagógico en el proceso de enseñanza y aprendizaje. A continuación se presentan los trabajos con relevancia en adaptación.

2.2.3 Trabajos con relevancia en adaptación

Buche *et al.* [119] implementaron un modelo denominado *Mascaret*, el cual permite organizar agentes inteligentes con el fin de simular un entorno social y físico que permita evaluar habilidades cognitivas en ambientes educativos. El modelo consiste en la creación de un individuo que representa al estudiante, varios agentes que se adaptan al comportamiento del estudiante y por medio de actividades de colaboración contribuyen a la realización de actividades de cada una de las temáticas presentadas

al estudiante. El modelo implementado utiliza sistemas tutoriales inteligentes (ITS),¹ los cuales permiten el procesamiento de datos en el computador para la incorporación de técnicas de comunicación y sistemas de evaluación de conocimientos y habilidades. Estos sistemas permiten adaptar el nivel de la representación del conocimiento a las necesidades de los estudiantes. Esta representación requiere el uso del formalismo, el cual utiliza un lenguaje, axiomas y reglas que permite la representación de conceptos como la veracidad, la incertidumbre, temporalidad entre otros. El modelo implementado tiene en cuenta el perfil del estudiante para crear y actualizar las diferentes interacciones que operan en el contexto y utiliza la información del modelo de aprendizaje para adaptar la representación del conocimiento al estilo de aprendizaje del estudiante. En este trabajo se evidencia la importancia de tener en cuenta el perfil del estudiante en ambientes educativos; de igual forma señala que el sistema debe adaptarse a los comportamientos del estudiante y debe adaptar las formas de representar el conocimiento para satisfacer en todo momento las necesidades del estudiante como la forma en la que se le despliega la información, la forma en la que recibe los contenidos, entre otros, en su proceso educativo. Sin embargo, no es claro el proceso de implementación, ni se menciona la estructura del modelo de adaptación.

Mwanza *et al.* [49] afirman que las características necesarias en el diseño de ambientes virtuales de aprendizaje deben ser: a) involucrar nuevos formatos de actividades, y procesos en donde los estudiantes resuelvan problemas de forma autónoma e independiente. b) El aprendizaje debe ser orientado teniendo en cuenta las necesidades reales en las diferentes áreas del conocimiento. c) El aprendizaje se da en espacios donde se evidencien problemáticas complejas. Estas características hacen parte del contexto en el ambiente virtual de aprendizaje. Los autores definen el contexto de un ambiente *e-learning* como el conjunto de características pedagógicas, que deben adaptarse a la forma en la que se presenta el contenido, teniendo en cuenta tiempos, estilos y formatos. No obstante, este artículo no muestra la arquitectura ni la forma en la que se implementó.

Jiuxin *et al.* [120] proponen un sistema con características de adaptación en donde cada uno de los objetos de aprendizaje pueden adaptarse teniendo en cuenta el contexto de aprendizaje del usuario. Esta arquitectura presenta un modelo de adaptación que genera objetos virtuales de aprendizaje estructurados con nodos, donde cada uno de los nodos se define como un árbol que contiene la información de cada uno de los temas de un curso. La información del curso se adapta considerando las dificultades del estudiante en el proceso de enseñanza y aprendizaje. El sistema genera los objetos virtuales de aprendizaje en cinco tipos de versiones de formato diferente (original, HTML, Simple HTML, WML, WML y sólo texto), adaptándose a diferentes formas de presentación de la información al estudiante. El sistema en todo momento del proceso de aprendizaje tiene en cuenta la preferencia en el despliegue de la información. Vale la pena destacar que, no se muestran resultados de prueba en ambientes virtuales de aprendizaje.

Yang [121], propone un sistema con el fin de adaptar el contenido en un entorno de aprendizaje móvil. El concepto de aprendizaje adaptativo es utilizado cuando se

¹ Los sistemas tutoriales inteligentes son sistemas que realizan en todo momento seguimientos del proceso de enseñanza, emitiendo ayudas. Su estructura se da de forma inteligente, por medio de redes neuronales, algoritmos genéticos o lógica difusa.

adapta el contenido con el fin de desarrollar estrategias y métodos para el proceso de enseñanza y aprendizaje y así responder a las necesidades de los estudiantes. Debido a que los dispositivos móviles y redes inalámbricas son de gran utilidad por cuanto los estudiantes puedan aprender en cualquier momento y en cualquier lugar, el diseño de adaptación al contenido basado en los perfiles de los estudiantes y de los dispositivos acceso, enfrenta retos técnicos y contextuales. Los problemas técnicos que se pueden presentar pueden ser el uso de RSS,² y el desafío contextual son las metodologías y técnicas de construcción para ser adaptadas en un ambiente móvil. Es relevante tener en cuenta los perfiles de usuario y de dispositivo cuando se diseñan ambientes virtuales de aprendizaje; sin embargo, en este trabajo no son claros los resultados del impacto en el aprendizaje de los estudiantes al utilizar los dispositivos móviles con adaptación en el despliegue de la información.

Khalid *et al.* [122], diseñan un sistema de *e-learning* con adaptación, teniendo en cuenta cuatro características necesarias para la implementación de un ambiente virtual de aprendizaje. La primera de ellas es el diseño visual, el cual debe ser adaptado al tipo de estudiante y al tipo de información del curso. La segunda hace referencia al desarrollo multimedia, el cual debe tener características de adaptación considerando si el contenido puede mostrarse al alumno con sonidos y simulaciones o si es preferible mostrarlo de forma textual. La tercera es el desarrollo del curso que implica la creación de componentes y la forma como se presentará la información, así como el proceso de interacción con el estudiante. La última característica hace referencia al diseño instruccional y se refiere a la facilidad de uso dada en cada una de las instrucciones impartidas en el transcurso de un curso. Los beneficios generados del sistema implementado hacen referencia a: (a) aumentar la eficiencia al distribuir materiales, tareas entre los estudiantes de forma rápida y asignándole el tiempo justo. b) Mejorar las comunicaciones al permitir discusiones variadas entre docentes y estudiantes. c) Cooperación en cuanto los estudiantes comparten conocimiento. d) Innovación dada por la construcción y la actualización constante de los contenidos haciendo posible crear presentaciones dinámicas usando video, animación y voz. Lo más destacado del sistema es la capacidad de adaptación al contenido que facilita la percepción de la información por los estudiantes. Esto se complementa por el motor de evaluación inteligente que genera pruebas y evaluaciones de acuerdo con la capacidad de los estudiantes. Este trabajo muestra de forma clara las ventajas de usar adaptación en ambientes virtuales de aprendizaje y es novedoso por cuanto en la experimentación generan estudiantes artificiales para entrenar los procesos de evaluación. No obstante, este trabajo no tiene en cuenta los niveles de discapacidad o habilidades cognitivas de los estudiantes.

Sasakura *et al.* [123], diseñaron un sistema con características de adaptación, que genera dinámicamente cursos adecuados para cada estudiante. Este trabajo muestra de forma interesante cómo modelar un sistema *e-learning* para que sea adaptado al estudiante teniendo en cuenta su nivel de aprendizaje. Sin embargo, el artículo no muestra resultados de la experimentación.

Siadaty *et al.* [124], diseñaron un sistema denominado *pals2*, un sistema de aprendizaje adaptable, que tiene en cuenta los estilos de aprendizaje. El sistema está conformado

² RSS es un formato para la sindicación de contenidos de páginas *web*. Sus siglas responden a Really Simple Syndication. To syndicate literalmente significa syndicar (formar parte de un sindicato. En inglés tiene otro significado: "publicar artículos simultáneamente en diferentes medios a través de una fuente a la que pertenece").

por cuatro componentes: (a) el modelo del dominio, (b) el modelo del alumno, (c) el modelo pedagógico y (d) el módulo de interfaz. El trabajo muestra la importancia de tener en cuenta el estilo de aprendizaje al realizar un proceso de adaptación en un sistema *e-learning*; no obstante, no es claro qué actividades genera el sistema y qué estilos de aprendizaje (visual, verbal, etc.) se tuvieron en cuenta.

Min *et al.* [85], afirman que el aprendizaje adaptativo se centra principalmente en dos tecnologías: los sistemas hipermedia adaptativos y la tecnología de web semántica. El sistema hipermedia adaptativo ofrece adaptación a la navegación y a la presentación del contenido. La *web* semántica permite adaptar la información al permitir representar el conocimiento y procesar reglas de razonamiento con fines específicos. Este trabajo muestra de forma relevante una estructura por niveles para el proceso de adaptación en un ambiente educativo; sin embargo, este artículo no menciona el formalismo utilizado en la representación del conocimiento, que permita establecer los perfiles o las características del contexto tenidas en cuenta en la adaptación.

Zhao *et al.* [125] proponen una solución que permite adaptar de forma dinámica contenidos en un ambiente virtual de aprendizaje. La implementación del sistema permitió adaptar los contenidos teniendo en cuenta las capacidades del dispositivo, la ubicación y las características de las redes. No obstante, el sistema de recomendación presentó errores y deficiencias evidenciadas en las formas no adecuadas de mostrar el contenido.

Hatzilygeroudis *et al.* [17], diseñaron un sistema de gestión del conocimiento, en el que se representan sistemas tutoriales inteligentes. El sistema permite determinar el modelo pedagógico, las actividades y las características de aprendizaje teniendo en cuenta la utilización de tutores inteligentes. El sistema brinda aspectos de adaptación de contenido; no obstante, el sistema no evidencia la funcionalidad en estudiantes con discapacidad.

Muangnak *et al.* [126], utilizan como algoritmo adaptador un sistema de lógica difusa, que permite clasificar trastornos del lenguaje como la disgrafía y la discalculia. El modelo se basa en reglas e intervalos de decisión dados por expertos, utilizando test para la detección de la dificultad en la disgrafía y la discalculia de alta confiabilidad y actividades con posibilidades de respuestas en rangos específicos para determinar el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes. Los resultados demuestran eficacia y eficiencia elevadas con respecto a los test que se realizan de forma escrita. Sin embargo el sistema es específico para trastornos del lenguaje y no tipifica otras discapacidades.

Katayama *et al.* [127] utilizan un algoritmo *AHP*, (algoritmo de priorización multicriterio), con el fin de priorizar decisiones de las acciones que deben realizar los agentes inteligentes, teniendo en cuenta diversidad de parámetros en un sistema de información. El principal aporte del trabajo obedece a las ventajas que presenta el método de priorización multicriterio *AHP* en la toma de decisiones complejas, sin embargo esta aplicación no muestra cómo se realiza la adaptación.

Nikou *et al.* [128], realizan un estudio de preferencias en dispositivos móviles por medio de un algoritmo de priorización multicriterio *AHP*. La investigación determinó que el *AHP* puede ser considerado como una herramienta fiable para examinar las preferencias de los usuarios y la toma de decisiones cuando se sugiere dispositivos móviles a un público en general. El trabajo brinda las ventajas de utilizar un algoritmo

AHP en sistemas adaptativos; no obstante la aplicación no describe la interacción con el contexto.

Stanić *et al.* [129], implementan un algoritmo de priorización multi-criterio para determinar las preferencias de actividades en los materiales m-learning. La opinión de los usuarios, en combinación con un sistema difuso, permite adaptar los materiales de aprendizaje de mayor preferencia. Tekom *et al.* [130] diseñan e implementan un *framework* para adaptación de contenido teniendo en cuenta recomendaciones de usuarios. En la investigación se incluye un análisis *AHP* en el proceso de adaptación, con el fin de priorizar las recomendaciones. El trabajo muestra las ventajas de utilizar el algoritmo *AHP* en adaptación de contenido m-learning; no obstante no es evidente la aplicación en estudiantes con discapacidad.

Hsieh *et al.* [131] implementan un algoritmo *AHP* para seleccionar la priorización en términos de preferencias de contenido de los estudiantes, en un curso de inglés teniendo en cuenta los resultados en el proceso de aprendizaje del estudiante. El sistema brinda las ventajas de utilizar *AHP* en la adaptación y priorización de contenidos en ambientes educativos; no obstante, no se evidencia aplicación en discapacidad.

Shee *et al.* [132] realizan una investigación acerca de las preferencias de los estudiantes en el proceso de evaluación, por ejemplo, cuáles son los tipos de pregunta, la estructura de la evaluación preferida. Para la priorización y selección se utilizó el método *AHP*. El sistema evidencia las ventajas de utilizar un algoritmo *AHP* en términos de selección y priorización de preferencias, sin embargo no se describe su aplicabilidad en adaptación a nivel de contenido. Boujarwah *et al.* diseñaron *REACT*(sistema de reacción basado en sistemas de información para niños con autismo) [14], el sistema permite personalizar escenarios sociales con el fin de orientar a padres y profesores en aspectos educativos de los estudiantes que presentan síndrome de asperger y autismos de lato niveles de funcionamiento cognitivo. La utilización de sistemas de información permitió generar un aporte en la educación social de los niños con problemas sociales; presenta ventaja al realizar adaptación de contenido por medio de escenarios, sin embargo no tiene en cuenta características de la discapacidad en los perfiles diseñados.

Kuhlen *et al.* [19], realizaron un sistema adaptativo con el fin de adaptar escenarios virtuales a diferentes discapacidades físicas. El sistema evidencia la ventaja de utilizar realidad virtual adaptativa; no obstante, no se menciona la existencia de características de la discapacidad en el perfil utilizado y que se tiene en cuenta para el ajuste del contenido. Chao-Lin *et al.* [18], diseñaron un sistema basado en redes bayesianas con el fin de determinar el modelo de usuario y las dificultades que los estudiantes tienen cuando aprenden conceptos. El sistema presenta ventajas al adaptar evaluaciones teniendo en cuenta el estilo de aprendizaje; sin embargo, no considera las características de la discapacidad en el modelo del usuario no del contexto. Menzies *et al.* [24], implementó un sistema de información que adapta escenarios sociales teniendo en cuenta el contexto de estudiantes con síndrome de asperger. El sistema presenta ventajas para estudiantes con discapacidad cognitiva "síndrome de asperger"; sin embargo no se tienen en cuenta las características de la discapacidad en el contexto, adicional no presenta un perfil de estudiante.

Ozdemir *et al.* [133], desarrollaron un estudio con el fin de evaluar el impacto de historias sociales multimediales en niños con autismo y en contextos educativos. El estudio permitió adaptar gráficos en diferentes escenarios, generando motivación en los

niños; sin embargo el proceso de adaptación no consideró características de la discapacidad en el perfil del estudiante ni en el contexto.

Morris *et al.* [134], realizaron un algoritmo que facilita la personalización; el sistema permite a los usuarios integrar fácilmente imágenes de casi cualquier interés especial de estudiantes con autismo. El trabajo describe un algoritmo que recupera cualquier imagen de la base de datos de imágenes de Google; quita el fondo de la imagen, e incrusta las imágenes en programas de flash. El algoritmo se evaluó con once personas (nueve diagnosticado con síndrome autista y dos con diagnóstico de otros trastornos del desarrollo). El sistema presenta ventajas al adaptar imágenes teniendo en cuenta intereses de los estudiantes, sin embargo no incluye en sus perfiles las características de la discapacidad.

Hirano *et al.* [20] desarrollaron *vSked*, un sistema interactivo y de colaboración visual para estudiantes con autismo. En el trabajo, se presenta el éxito de una adaptación en el despliegue. *vSked* también dio lugar a la mejora de la percepción, la comunicación social y las interacciones en el aula. Sin embargo, no consideraron las características de la discapacidad en el perfil del usuario ni del contexto.

Declan *et al.* [7] abordan los retos fundamentales de la adaptabilidad, no sólo a través de contenidos (basado en el conocimiento previo de los estudiantes, objetivos del curso, estilos de aprendizaje, etc), sino también a través de adaptación de enfoques pedagógicos, herramientas de comunicación y una amplia gama de tipos de e-actividades que son necesarias para un efectivo aprendizaje. El trabajo presenta ventajas en el ámbito educativo cuando se hace adaptación de actividades; sin embargo no se tienen en cuenta las características de la discapacidad en los perfiles que permiten realizar la adaptación. El Cuadro 8 muestra los trabajos relacionados con relevancia en adaptación.

Como se puede observar en el Cuadro 8, la mayoría de trabajos analizados consideran adaptación en el despliegue y el contenido. Ninguno de los sistemas consideraron características de la discapacidad como parte de un perfil o del contexto. A continuación se realiza una síntesis que incluyen comparaciones con relación a las tres áreas (educación, discapacidad y adaptación).

2.3 SÍNTESIS TRABAJOS RELACIONADOS

La primera comparación que se realiza permite determinar las diferencias de los trabajos relacionados con respecto a las características de adaptación, discapacidad y educación. El Cuadro 9 muestra la comparación de trabajos relacionados que comparan discapacidad, educación y adaptación. Se tienen en cuenta características como la discapacidad, el tipo de sistema, si el sistema posee o no características pedagógicas y si aplica o considera características de adaptación. [136].

Como se puede observar, los sistemas de información que más se utilizan en ambientes educativos son ambientes virtuales de aprendizaje y sistemas hipermedia. La mayoría de los sistemas analizados presentan características pedagógicas, pero no características de adaptación. Los sistemas que presentan características de adaptación son en su mayoría sistemas virtuales de aprendizaje, que tienen en cuenta el perfil del usuario y la forma como se despliega la información. La mayoría de estos sistemas no tiene en cuenta la discapacidad. Los sistemas que consideran algún tipo de discapacidad, no tienen en cuenta características de adaptación. En los sistemas virtuales

Cuadro 8: Trabajos relacionados con relevancia en adaptación.

Sistema	Tipo de adaptación	Perfil Discapacidad
(Buche, Querrec, De Loor, & Chevaillie, 2008) [119]	Adaptación en el despliegue	No
(Mwanza & Engeström, 2003) [49]	Adaptación al contenido	No
(Juxin, Bo, & Junzhou, 2008) [120]	Adaptación al contenido	No
(Chien Yang, 2007) [121]	Adaptación al contenido	No
(Khalid, Basharat, Shahid, & Hassan, 2009) [124]	Adaptación en el despliegue	No
(Sasakura & Yamasaki, 2007) [123]	Adaptación al contenido y despliegue	No
(Siadaty & Taghiyareh, 2007) [124]	Adaptación al contenido y despliegue	No
(Xiao Min, Wei, & Lei, 2008) [85]	Adaptación al contenido y despliegue	No
(Zhao & Ninomiya, 2008) [125]	Adaptación al contenido	No
(Hatzilygeroudis & Prentzas, 2004) [135]	Adaptación al contenido	No
(Muangnak, Pukdee, & Hengsanunkun, 2010) [126]	Adaptación al contenido	No
(Katayama, Koshiishi, & Narihisa, 2005) [127]	Adaptación al contenido	No
(Nikou, Mezei, & Bouwman, 2011) [128]	Adaptación al despliegue	No
(Stanic, Covic, & Kiss, 2012) [129]	Adaptación al contenido	No
(Hsieh, Wang, Tzone-I, & Lee, 2012) [131]	Adaptación al contenido	No
(Shee & Wang, 2006) [132]	Adaptación al contenido	No
(Boujarwah, Fatima A, Riedl, Mark O, Abowd, Gregory D, & Arriaga, Rosa I, 2011) [14]	Adaptación al contenido	No
(Kuhlen & Dohle, 1995) [19]	Adaptación al contenido y despliegue	No
(Chao-Lin, 2008) [18]	Adaptación al contenido	No
(Menzies, 2011) [24]	Adaptación al contenido y despliegue	No
(Ozdemir, 2008) [133]	Adaptación en el despliegue	No
(Morris, Kirschbaum, & Picard, 2010) [134]	Adaptación en el despliegue	No
(Hirano, Yeganyan, Marcu, Nguyen, Boyd, & Hayes, 2010)[20]	Adaptación en el despliegue	No
(Declan, 2004) [7]	Adaptación al contenido	No

Cuadro 9: Comparaciones de sistemas educativos desarrollados e implementados Para discapitados.

Sistema	Discapacidad	Tipo/Sistema	Car. pedagógicas	Adaptación
(Kerr, 1993)	Sensorial y de la comunicación (vista)	Cd interactivo	No	No
(Burgstahler, 2007)	Motriz	Estudio de la discapacidad con respecto a los sistemas de información	No	No
(Roberta, 2002)	Mudez	Software de reconocimiento de voz	No	No
Cartel et al, 2001 (Cartel & Markel, 2001)	Motriz	Estudio de accesibilidad a los sistemas por discapitados	No	No
(Cheng-San, Cheng-Huei, Li-Yen, & Cheng-Hong, 2008)	Motriz	Sistema de comunicación con clave Morse	No	No
(Treviranus, 2000)	Sensorial y de la comunicación (vista)	Sistema sonido, sensores de tacto.	Sí	No
(Betke, Gipe, & Fleming, 2002)	Motriz	Sistema electrónico y software "Cámara, ratón"	No	Sí, contenido
(Prendinger, Hyrskykari, Nakayama, Howell, & Bee, 2009)	Cognitivo	Sistema hipermedia, AUTS	No	Sí, contenido
(Arvanitis, Petrou, Knight, & Stavros, 2009)	Sensorial y de la comunicación (vista)	Sistema electrónico, CONNECT	Sí	No
(Sánchez, 2003)	Sensorial y de la comunicación (Sordos)	Sistema hipermedia, Audiomemorice	Sí	No
(Rodríguez-Ascaso, Santos, & Del Campo, 2005)	Cognitiva	Sistema hipermedia EU4ALL	Sí	Sí, Contenido
(Harrison, Stockton, & Pearson, 2008)	Motriz	Sistema e-learning	Sí	No
(Davis, Dautenhalm, Nahaniv, & Powell, 2008)	Cognitivo- Autismo	Sistema hipermedia	Sí	Sí, contenido
(Panselina, 2002)	Sensorial y de la comunicación (Sordos)	Panselina	Sí	Sí, despliegue
(Mezak & Hoic-Bozic, 2006)	Cognitiva	Sistema hipermedia adaptativo	Sí	Sí contenido
(Ismail, Nazlia & Abdullah, 2009)	Cognitivo, Autismo	Sistema	Sí	No
(Choi, 2004)	Cognitivo	Sistema e-learning	Sí	Sí, contenido
(Santos, Couchet, & G. Boticario, 2009)	Motriz	Sistema e-learning	Sí	Sí, contenido
(Moora, Cheng, McGrath, & Powell, 2005)	Cognitivo, autismo	Hipermedia	Sí	No
(Mohamad Velasco, Sylvia, & Tebarth, 2004)	Cognitivo	TAPA, sistema e-learning	Sí	Sí
(Bemuy & Garcia, 2006)	No	Sistema e-learning	Sí	Sí, contenido
(Ando, Piotr, & Wierzbicki, 2007)	No	Sistema hipermedia e-learning	Sí	No
(Winn, 2002)	No	Ambiente virtual	Sí	No
(Torrente, Moreno-Ger, & Fernandez-Manjon, 2008)	No	Ambiente virtual	Sí	Sí, contenido
(Siang & Rao, 2004)	No	Ambiente virtual	Sí	No
(Ortiz, Oyarzun, & Del Puy Carretero, 2009)	No	ELEIN, Sistema e-learning	Sí	No
(Aranda, Vizcaino, Cechich, & Piattini, 2005)	No	Ambiente virtual	Sí	No
(Sanchez & Miranda, 2006)	No	Ambientes virtual	Sí	No
(Kirschner, Strijbos, Kreijns, & Beers, 2006)	No	Ambientes virtual	Sí	No
(Bucha, Quercq, De Looz, & Chevallie, 2008)	No	Mascaret, Sistema	Sí	Sí, contenido
(Mwanza & Engeström, 2003)	No	Sistema virtual de aprendizaje	Sí	Sí, despliegue
(Jiuxin, Bo, & Junzhou, 2008)	No	Sistema virtual de aprendizaje	Sí	Sí, contexto
(Chien Yang, 2007)	No	Sistema virtual de aprendizaje móvil	Sí	Sí, contenido
(Khalid, Basharat, Shahid, & Hassan, 2009)	No	Sistema e-learning	Sí	Sí, despliegue
(Sasakura & Yamasaki, 2007)	No	Sistema virtual de aprendizaje	Sí	Sí, contenido
(Kardan & Monkarasi, 2008)	No	Sistema e-learning	Sí	Sí, contexto
(Siadaty & Taghiyareh, 2007)	No	Sistema e-learning, Pals.	Sí	Sí, contenido
(Xiao Min, Wei, & Lei, 2008)	No	Sistema hipermedia adaptativo	Sí	Sí, contenido
(ZHAO & NINOMIYA, 2008)	No	Sistema de aprendizaje	Sí	Sí, al contenido

Cuadro 10: Comparación sistemas para personas con discapacidad.

Sistema	Características
Shih <i>et al</i> [30]	Factor: dispositivo de acceso Discapacidad Motriz, cognitivas Tipo de adaptación: acceso al SI
Khlaikhayai <i>et al.</i> , [105]	Factor: dispositivo de acceso Discapacidad: visual Tipo de adaptación: Ninguna.
Hatzilygeroudis <i>et al.</i> [17]	Factor: estilo de aprendizaje. Discapacidad: Cognitiva Tipo de adaptación: adaptación al contenido
Lancioni <i>et al.</i> [118]	Factor: dispositivo de acceso Discapacidad: cognitiva, motriz. Tipo de adaptación: adaptación al contenido
Cowany <i>et al.</i> [15]	Factor: comportamiento Discapacidad: motriz, sensorial Tipo de adaptación: adaptación al despliegue
Lancionim <i>et al.</i> [106]	Factor: comportamiento Discapacidad: cognitiva Tipo de adaptación: adaptación en el acceso al SI
Li-Tsang <i>et al.</i> [107]	Factor: dispositivos y tecnologías de acceso Discapacidad: cognitiva Tipo de adaptación: acceso adaptado al SI

de aprendizaje y sistemas hipermedia, la discapacidad que más se tiene en cuenta es la cognitiva; sin embargo, estos sistemas no presentan modelos que se adapten a estilos de aprendizaje con relación a la discapacidad, por lo tanto se realiza un análisis específico de trabajos relacionados en esta área. El Cuadro 10 muestra un análisis comparativo de algunos sistemas que tienen en cuenta características de la discapacidad para determinar los aspectos necesarios en el diseño y la implementación de sistemas de información (SI) educativos; entre los aspectos se pueden mencionar el dispositivo de acceso más adecuado dependiendo de la discapacidad, la forma preferida de despliegue de la información al estudiante, entre otras características que le permitan al usuario información más ajustada a sus características y necesidades.

Como se puede observar, la mayoría de los sistemas presentan características de adaptación teniendo en cuenta el dispositivo de acceso, muy pocas el estilo de aprendizaje y los niveles de interpretación, memoria y atención. En general, no se tipifica la discapacidad con el fin de ajustarle los servicios ofrecidos a personas que la padecen con el ánimo de facilitar su interacción con dichos sistemas. A continuación se muestra el análisis de trabajos relacionados con respecto a sistemas de información en entornos educativos para personas con discapacidad y características de adaptación. El Cuadro 8, de trabajos relacionados teniendo en cuenta las siguientes características: Generalidad con respecto a la discapacidad. (G), Perfil de estudiante. (PE), Perfil de discapacidad.

Figura 8: Comparación de trabajos discapacidad/componentes adaptación.

Sistema	Discapacidad y/o aspecto cognitivo	Característica de Adaptación	G	PE	PD	MP	MF
(Chang, Wang, K. Shih, Chao, Yeh, & Chen-Yu, 2008) [89]	Perfil comunicativo, niños con asperger.	Adaptación en la presentación por medio de diferentes escenarios gráficos			X		
(Boujarwah, Fatima A, Riedl, Mark O, Abowd, Gregory D, & Arriaga, Rosa I, 2011) [14]	Habilidades comunicativas en niños con autismo	Adaptación de contenido (Imágenes en cada una de las actividades).			X		
(Tuedor M. , 2006) [13]	Aspecto social en niños con autismo leve	Adaptación escenarios sociales / agentes inteligentes / sistemas cooperativos			X	X	X
(Kuhlen & Dohle, 1995) [19]	Discapacidad física	Adaptación en la presentación por medio de escenarios gráficos con realidad virtual			X		
(Chao-Lin, 2008) [18]	Dificultades en el aprendizaje	Adaptación en el contenido teniendo en cuenta estilos de aprendizaje		X	X		X
(Menzies, 2011) [24]	Aspectos social y comunicativo en personas con asperger	Adaptación en el despliegue para seleccionar el escenario dependiendo del contexto y el tipo de historias que se quieran utilizar.		X	X	X	
(Ozdemir, 2008) [133]	Habilidad comunicativa en asperger	Adaptación de gráfico en diferentes escenarios		X	X	X	
(Morris, Kirschbaum, & Picard, 2010) [134]	Habilidad comunicativa Síndrome de asperger	Adaptación en la presentación de la información personalización de personajes en ambiente e-learning			X	X	X
(Hirano, Yeganyan, Marcu, Nguyen, Boyd, & Hayes, 2010) [20]	Habilidad comunicativa asperger	Adaptación en la presentación utilizando horarios visuales,			X	X	
(Declan, Developing active learning experiences for adaptive personalised e-learning, 2004) [7]	Dificultades en el aprendizaje	Adaptación de contenido para test adaptativos educativos		X	X	X	
(Khalid, Basharat, Shahid, & Hassan, 2009) [122]	Estilo de aprendizaje en estudiantes	Adaptación de contenido para determinar estilos de aprendizaje		X	X	X	X

(PD), Modelo pedagógico. (MP), definición de procesos, Formalismos para la definición de procesos (MF). Además, se analiza el aspecto cognitivo y la característica de adaptación.

Como se puede observar en el Cuadro 8, en la mayoría de trabajos se tienen en cuenta características de discapacidad, utilizándolas para diagnóstico y adaptación en el despliegue de la información en ambientes *e-learning*. Los sistemas de información analizados tienen en cuenta características particulares de discapacidades específicas, y no generalizan para que las plataformas puedan utilizarse en estudiantes con diferentes tipos de discapacidad. En los trabajos analizados no se percibe la descripción del proceso en términos de análisis y diseño en detalle. El Cuadro 11 muestra comparación de trabajos relacionados con respecto a las características de discapacidad, adaptación y tipos de priorización y/o adaptación.

Como se puede observar en el Cuadro 11, el método *AHP* se utiliza en sistemas de información con el fin de tomar decisiones para la adaptación en el despliegue o en el contenido de la información, cuando se presenta diversidad de aspectos en la selección. En los trabajos analizados no se encontró la utilización del método *AHP* en sistemas *e-learning* para estudiantes con discapacidad.

Cuadro 11: Comparación trabajos relacionados / técnica de adaptación.

Sistema	E-learning	Discapacidad	Adaptación	Priorización
(Shih, Chang, & Shih, 2009) [137]	+	+	+	-
(Hatzilygeroudis & Prentzas, 2004) [135]	+	+	+	-
(Hadjileontiadou, Nikolaidou, Hadjileontiadis, & Balafoutas, 2003) [138]	+	-	+	-
(Muangnak, Pukdee, & Hengsanunkun, 2010) [126]	+	+	+	-
(Katayama, Koshiishi, & Narihisa, 2005) [127]	-	-	+	+
(Nikou, Mezei, & Bouwman, 2011). [128]	-	-	+	+
(Stanic, Covic, & Kiss, 2012) [129]	+	-	+	-
(Eichler & Lüke, 2009) [130]	-	-	+	+
(Hsieh, Wang, Tzone-I, & Lee, 2012) [131]	+	-	+	+
(Shee & Wang, 2006) [132]	+	-	+	+

2.4 SÍNTESIS PARTE 2

Después de haber realizado el marco de referencia y los trabajos relacionados, es necesario construir una herramienta que incluya: (a) un modelo adaptativo compuesto por un perfil de estudiante, contexto, un modelo de dominio y principalmente la definición de un “perfil de discapacidad” con el fin de tipificar y caracterizar discapacidades y dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje. (b) Definir una plataforma que ofrezca servicios adaptativos educativos, teniendo en cuenta las características del estudiante, las propias de su discapacidad y/o dificultad, la estructura del curso y que incluya el modelo adaptativo. (c) Definir un modulo de servicios adaptados orientada al docente, que permita sugerirle las actividades y/o estrategias pedagógicas que se deben tener en cuenta cuando un estudiante presenta dificultades o discapacidad. (d) Definir un proceso de adaptación, que dado parámetros como el estilo de aprendizaje, las preferencias, la discapacidad y los aspectos de aprendizaje (lenguaje, atención y memoria), permita la adaptación de contenido y en el despliegue de información en un ambiente educativo con estudiantes con y sin discapacidad/dificultades en el aprendizaje.

Parte III

CONTRIBUCIONES

MODELO DE ADAPTACIÓN

Las contribuciones de la tesis están enmarcadas en las tres áreas de trabajo educación, discapacidad y adaptación, bajo un modelo conceptual que incluye la combinación de:

(a) La primera contribución se denomina *ALS (Adaptative learning system)*, modelo adaptativo que contiene los perfiles de estudiante y de contexto. El modelo aporta el “perfil de discapacidad” que permite tipificar y caracterizar diferentes tipos y categorías de la discapacidad.

(b) La segunda contribución es la definición de la plataforma “*Kamachiy-Idukay*” (del quechua servicios para educar), una plataforma que ofrece servicios adaptativos educativos, teniendo en cuenta las características del estudiante [38], las propias de su discapacidad y/o dificultad [139], la estructura del curso. La plataforma incluye al modelo adaptativo de aprendizaje (*ALS*).

(c) La tercera contribución es “*Kamachiy- Mayistru*” (módulo de servicios adaptados orientada al docente), permite sugerirle al docente las actividades y/o estrategias pedagógicas que se deben tener en cuenta cuando un estudiante presenta dificultades o discapacidad.

(d) La cuarta contribución es el proceso de adaptación, que dado parámetros como el estilo de aprendizaje, las preferencias, la discapacidad y los aspectos de aprendizaje (lenguaje, atención y memoria), permite la adaptación de contenido y en el despliegue de información en un ambiente educativo con estudiantes con y sin discapacidad/dificultades en el aprendizaje.

A continuación se describen en detalle la primera contribución.

3.1 MODELO DE ADAPTACIÓN “ALS”

El modelo de adaptación *Adaptative learning system (ALS)*, reúne y caracteriza los principales componentes necesarios para realizar un proceso de adaptación; está conformado por el modelo de dominio, el perfil del estudiante, discapacidad y contexto.

3.1.1 Introducción

La Figura 9 muestra la arquitectura del sistema (*ALS*) (de abajo hacia arriba), el primer componente hace referencia al modelo de datos, conformado por: (a) el modelo de adaptación que a su vez se compone del *perfil del estudiante*, de *discapacidad* y de *contexto*; (b) el modelo de dominio, que hace referencia a los componentes de un curso en el ámbito educativo. El segundo componente contiene los servicios educativos personalizados que tienen en cuenta la información obtenida del modelo de adaptación. Estos servicios contienen filtros enriquecidos con los datos de las preferencias del perfil del estudiante y las características de modelo de discapacidad. El siguiente componente contiene los servicios genéricos (servicios educativos en Figura 10), entre los que se encuentran la creación de cursos, la generación de consultas en repositorios

Figura 9: Arquitectura del sistema ALS.



de objetos virtuales de aprendizaje, la creación de actividades, la consulta de temáticas entre otros; dicho componente, dependiendo de la aplicación definida, invoca los servicios personalizados educativos que son considerados como servicios enriquecidos con información de adaptación. La última capa presenta los servicios adaptados para estudiantes con discapacidad sensorial (ciegos, sordos), discapacidad cognitiva (asperger, problemas cognitivos leves), con dificultades en aspectos de aprendizaje o estudiantes sin discapacidad.

Los servicios educativos genéricos que se encuentran en la tercera capa y que se muestran en la Figura 10, están orientados al docente y al estudiante. Dentro de los orientados al docente se encuentra la creación de cursos con temáticas y sub temáticas; la asociación de recursos (actividades), la presentación de contenidos que incluye la asociación de objetos virtuales de aprendizaje; el diseño de los *test* y la consulta del desempeño de los estudiantes. Los servicios orientados al estudiante hacen referencia a la consulta del curso (temáticas y actividades); la realización de test y la consulta del desempeño.

Como se puede observar, los componentes del modelo de datos son el modelo de dominio y el de adaptación los cuales se describen en detalle a continuación.

3.1.2 Modelo de Dominio

El *Modelo de Dominio* permite identificar las características y componentes de un curso en el ámbito educativo. En Figura 11, se puede observar los principales componentes de un curso, conformado por temáticas, sub temáticas y actividades.

La Figura 12 detalla las características del curso que se tiene en cuenta en ALS. Como se puede observar, el curso está compuesto de temas, sub-temas y actividades. Estas últimas a su vez tienen asociados diferentes objetos virtuales de aprendizaje, los cuales

Figura 10: Servicios ALS.

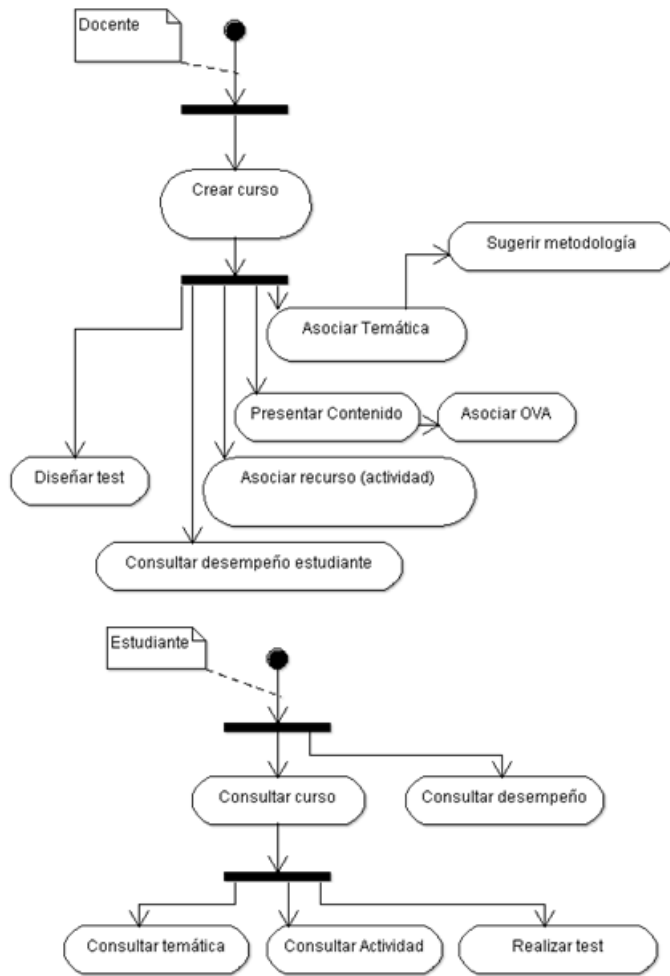


Figura 11: Componentes generales modelo del curso.

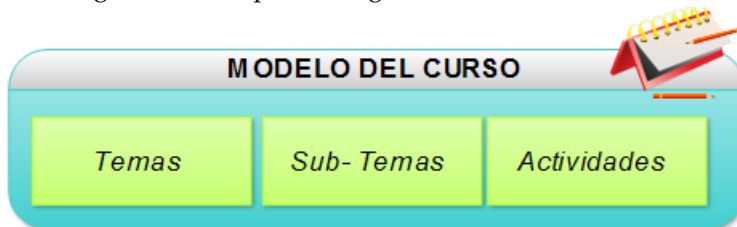


Figura 12: Modelo del curso.

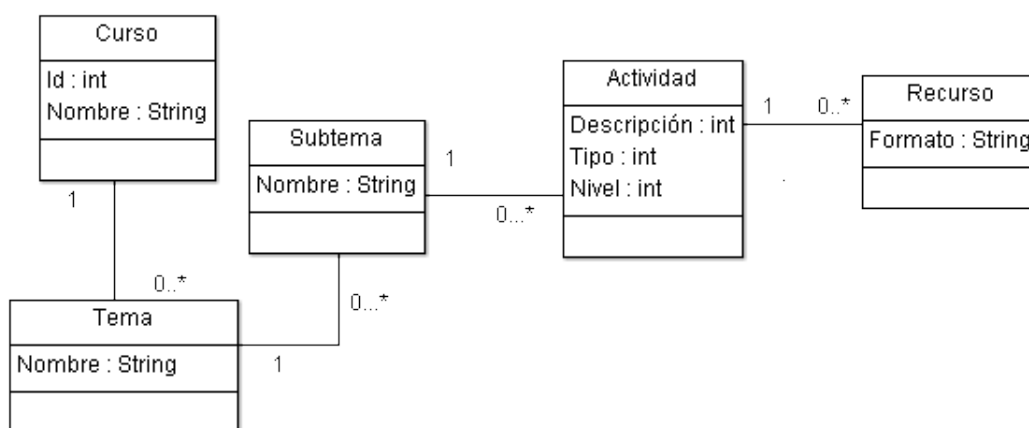
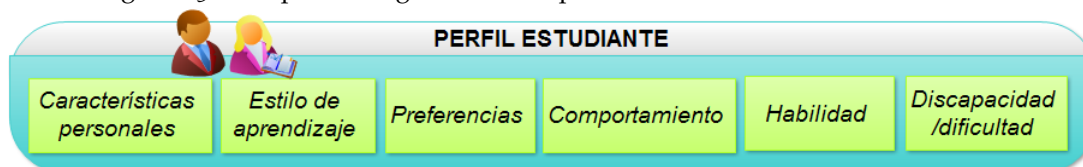


Figura 13: Componentes generales del perfil del estudiante.



pueden ser encontrados en diferentes formatos y utilizados teniendo en cuenta las características particulares del estudiante.

Adicionalmente, el perfil del curso debe caracterizar el modelo pedagógico que más se ajusta a cada proceso de enseñanza y aprendizaje en los estudiantes. El Cuadro 12 muestra los modelos basados en la teoría de Joyce [44], que aplican a estudiantes con o sin dificultades y características de discapacidad.

Como se puede observar en el Cuadro 12, cada modelo presenta herramientas y componentes que facilitan el proceso de enseñanza y aprendizaje en el estudiante teniendo en cuenta características y estilos de aprendizaje diferentes. Una vez definido el modelo de dominio, fue necesario establecer las características que intervienen en el modelo de adaptación. A continuación se detalla el modelo.

3.1.3 Perfil del estudiante

Éste representa el comportamiento del estudiante y crea una representación cualitativa de su estilo de aprendizaje y sus preferencias, las cuales almacenan información sobre cómo el estudiante quiere algo, o entre varias opciones, cuál(es) escoge. Los principales componentes del perfil del estudiante se muestran en la Figura 13.

La Figura 14 muestra en detalle el modelo del perfil del estudiante. Como se puede observar, las características personales permiten almacenar información personal del estudiante (identificación, nombre, edad y género). El estilo de aprendizaje almacena las características que determinan el tipo de aprendizaje, teniendo en cuenta la forma en la que se percibe la información (ejemplo: visual, verbal) teniendo en cuenta

Cuadro 12: Modelos pedagógicos en ALS.

Modelo	Efectos formativos
Procesamiento de la información - Modelo Inductivo Básico	1) desarrollo de capacidad de comprensión. (2) Desarrollo de la capacidad de: diferenciar, identificar, determinar jerarquías, establecer relaciones, inferir, extrapolar, clasificar.
Procesamiento de la información - formación de conceptos	(1) flexibilidad conceptual. (2) Desarrollo del razonamiento inductivo. (3) Tolerancia a la ambigüedad.
Procesamiento de la información - memorización	(1) Capacidad de almacenar y recuperar información. (2) Capacidad de dominar materiales desconocidos. (3) Conciencia de cómo mejorar el aprendizaje. (3) Capacidad de crear imágenes. (4) Autoconocimiento, autoestima, confianza en sí mismo.
Procesamiento de la información - Basado en la creatividad	(1) Desarrollo de la creatividad. (2) Aprendizaje intenso. (3) Potencia el pensamiento divergente.
Personales - Enseñanza No Directiva	(1) Desarrollo de la autoestima y la autonomía. (2) Desarrollo de motivación académica y social. (3) Desarrollo de la capacidad para aprender y progresar.
Personales -Conductuales	(1) Elevar autoestima por medio del éxito. (2) Desarrolla realimentación positiva.
Aprendizaje a Partir de Simulaciones	para este modelo, los resultados del proceso de enseñanza y aprendizaje que son evidentes en el alumno, son: el desarrollo de comprensión, competencia, cooperación, empatía, reglas sociales, conceptos, habilidades, eficacia, pensamiento crítico, independencia y sensibilidad a las relaciones causa efecto.
Aprendizaje para el Dominio y la Instrucción Programada	(1) Aptitud. (2) Permitir que cada alumno avance de acuerdo con su propio ritmo. (3) Desarrollar la autorregulación. (4) Fomentar el desarrollo procesual. (5) Generar motivación y autoevaluación del aprendizaje.

lo definido por Felder-Silverman [174]. Las habilidades del estudiante: son destrezas adquiridas que están asociadas a una categoría y pueden ser cognitivas, aplicativas, de síntesis, entre otras. La discapacidad: es una característica del modelo que determina el estado de un estudiante y se relaciona directamente con las características del perfil de discapacidad que se describe más adelante y el cual permite caracterizarla.

Las preferencias almacenan información sobre cómo el estudiante quiere algo, o entre varias opciones, cuál(es) escoge. Estas características son importantes en el modelo de adaptación ya que permite determinar cómo y qué tipo de información se le mostrará al estudiante. Los tipos de preferencia que se tienen en cuenta de los estudiantes son: (i) la *preferencia de percepción* corresponde a la forma en la que el estudiante recibe la información, por ejemplo, si es visual prefiere recibirla por simulaciones o puede preferir mapas conceptuales. (ii) La *preferencia de navegación* determina cómo el estudiante se desenvuelve en la plataforma teniendo en cuenta la ruta que toma en las diferentes actividades y la forma en la que accede al sistema. (iii) La *preferencia en el despliegue* de la información permite determinar el diseño más adecuado de la interfaz. (iv) La *preferencia por el medio de acceso* almacena información de la mejor forma de acceder al sistema, por ejemplo, utilizando mouse, teclado o dispositivos especiales. (v) La *preferencia de localización* está dada por el lugar desde donde el estudiante accede al sistema de información. (vi) La *preferencia de actividad* está asociada a las acciones y determina los objetos visuales de aprendizaje más apropiados a utilizar en el proceso de enseñanza.

El comportamiento del estudiante se encuentra asociado a memoria, atención y lenguaje, que permiten determinar niveles y tipos de discapacidad.

Con el fin de representar las preferencias se utilizó la notación *BNF (Backups Naur Form)*, ver *BNF preferencias*.

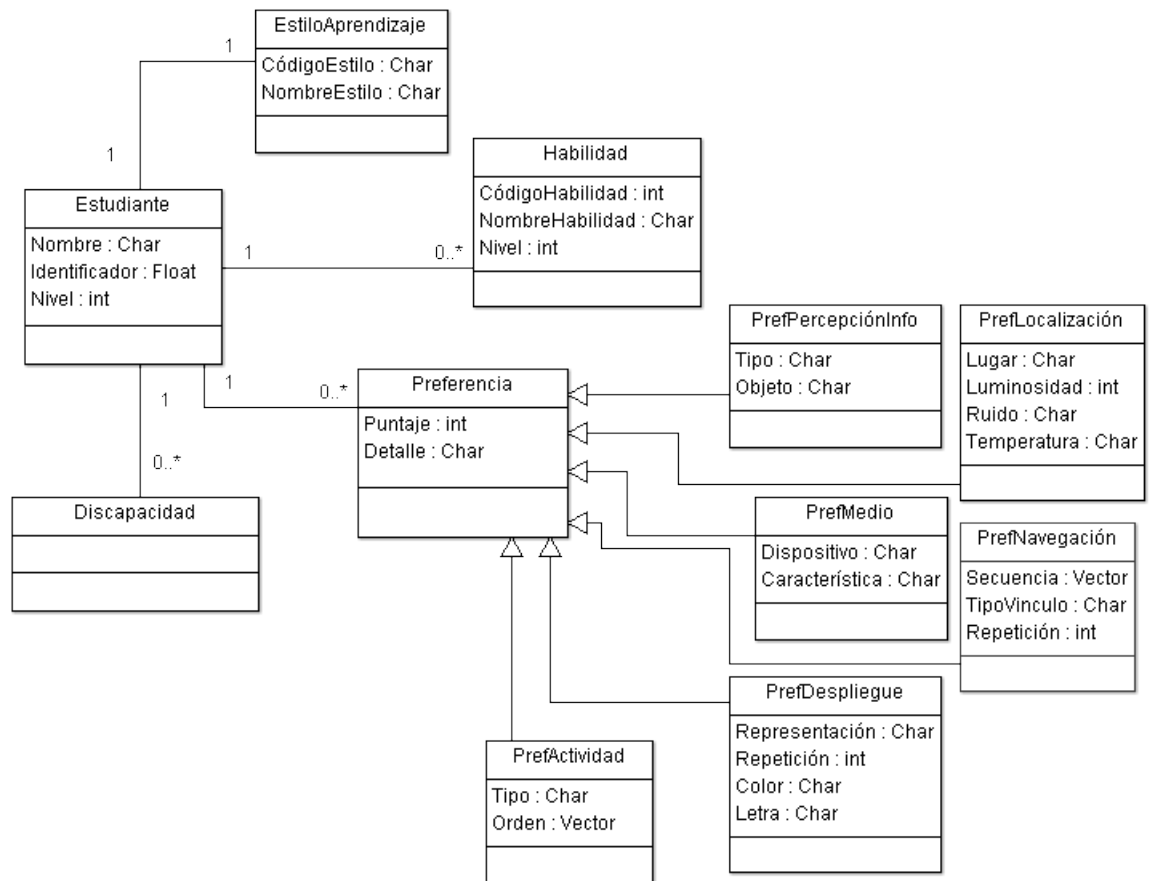
Una vez se han modelado las características del estudiante, fue necesario la construcción de un perfil que permitiera caracterizar las discapacidades y/o dificultades. A continuación se detalla el perfil.

3.1.4 Perfil de discapacidad

El perfil de discapacidad almacena, caracteriza o tipifica diferentes tipos de dificultades o discapacidades de un estudiante y contempla aspectos en la evaluación y el desempeño tales como memoria, atención y lenguaje. La Figura 15 muestra los componentes generales del perfil de discapacidad. Como se puede observar, el componente de sugerencia almacena las principales indicaciones de actividades, formato, dispositivos, percepción y navegación dependiendo de la discapacidad; este componente se encuentra orientado principalmente a las discapacidades de tipo sensorial. Los aspectos de aprendizaje representan las indicaciones en términos de aspectos de aprendizaje como los que afectan la memoria, la atención y el lenguaje; los aspectos de aprendizaje están orientados principalmente a las discapacidades de tipo cognitivo.

La Figura 16 detalla el perfil de discapacidad; como se puede observar, las características de la discapacidad están conformadas por el nombre, la característica en el ámbito social, cognitivo, la dificultad de acceso con el sistema de información y el sentido que afecta la discapacidad. Para cada una de las discapacidades, el modelo provee sugerencias de diversos tipos. Las sugerencias son las formas en las que la mayoría

Figura 14: Perfil del estudiante.



BNF Preferencias

Preferencias Actividad

```

<Prefe_Actividad> ::= <Nombre_Actividad> <Tipo_actividad> <Orden>
<Actividad> ::= <Nombre_Actividad> <forma> <Descripción> <Tipo> <
  Nivel> <Objetivo> (<Nombre_Actividad> ::= <String> <Forma>
  ::= <simulación> <texto> <video> <lenguaje_especial> <
  Descripción> ::= <secuencia> <repeticiones> <estado> <Tipo> ::= <
  secuencia> <importancia> <complejidad> <facilidad> <entendimiento
  > <Objetivo> ::= <contenido> <evaluación> <repaso> <nivel> ::=
  <percepción> <lenguaje> <memoria> <atención>

```

Preferencia Percepción

```

<Prefe_percepción> ::= <Nombre> <Tipo> <Objeto> <Nombre> ::= <
  String> <Tipo> ::= <Visual> <Auditivo> <Verbal> <Objeto> ::=
  (<Visual>:: <gráfico> <simulación> <grafo> <mapaconcep>) | (<
  Auditivo>:: <melodía> <vozpausada> <voznormal>) | (<verbal>:: <
  frases> <narración> <párrafo>)

```

Preferencia de Despliegue

```

<Prefe_Despliegue> ::= <Representación> <Repetición> <Color> <
  Letra> <Representación> ::= "video" | "simulación" | "imagen"
  | "gráficos" | "leguajes_especiales" | "voz" < Repetición >
  ::= <Numérico> <Color> ::= <tonos> <niveles> <combinaciones> <
  Letra> ::= <tipo> <fuente> <tamaño>

```

Preferencia en el método de navegación

```

<Prefe_Despliegue> ::= <Representación> <Repetición> <Color> <
  Letra> <Representación> ::= "video" | "simulación" | "imagen"
  | "gráficos" | "leguajes_especiales" | "voz" < Repetición >
  ::= <Numérico> <Color> ::= <tonos> <niveles> <combinaciones> <
  Letra> ::= <tipo> <fuente> <tamaño>

```

Preferencia de localización

```

<Prefe_localización> ::= <Lugar> <luminosidad> <Ruido> <
  Temperatura> <Lugar> ::= "casa" | "institución" | "trabajo" <
  Luminosidad > ::= <Nivel> <Tipo> <Nivel> ::= <Numérico> <Tipo
  > ::= <natural> <halógena> <amarilla> <Ruido> ::= <Nivel> <Tipo> <
  Nivel> ::= <Numérico> <Tipo> ::= <Música> <Entorno>

```

Preferencia Dispositivo de Acceso

```

<Prefe_medio> ::= <Dispositivo> <características> <Dispositivo>
  ::= <string> <Características> ::= <tecnología> <tipo_
  discapacidad> <Temperatura> ::= <Valor> <Grados> <valor> ::= <
  numérico> <grados> ::= <string>

```

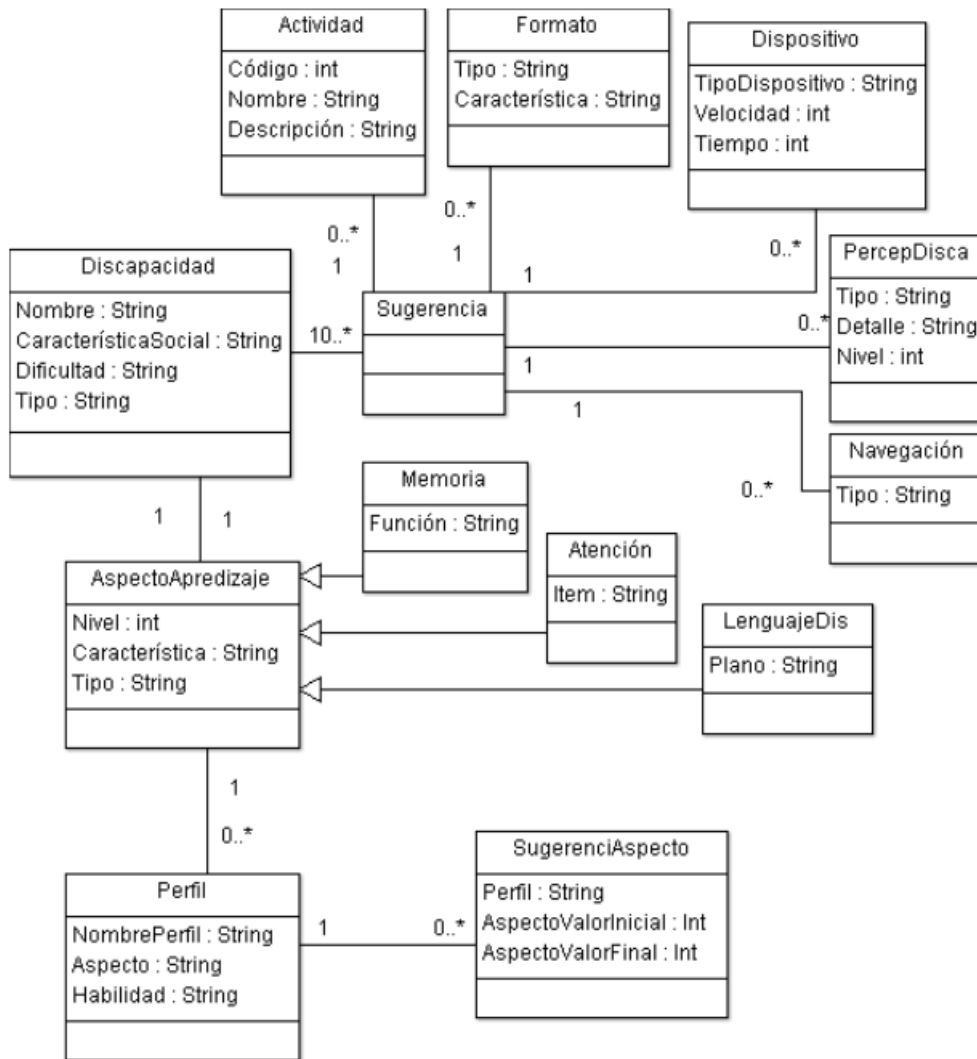
Figura 15: Componentes generales perfil de Discapacidad.



de los estudiantes con algún grado de discapacidad particular deberían recibir la información. Entre los tipos de preferencia se tienen: a) formato: tipo de archivos para el despliegue de la información teniendo en cuenta la discapacidad, por ejemplo, para discapacidad auditiva, el formato sugerido son simulaciones, animaciones y gráficos. Por otro lado, para discapacidad visual, el formato sugerido son sonidos. b) El medio de acceso: corresponde al dispositivo con el cual la persona se comunica con el sistema, por ejemplo, ratón, teclado Braille, teclado especial, reconocimiento de voz, entre otros. c) Percepción: es la forma sugerida, dada una discapacidad de cómo el estudiante logra comprender la información dada por el sistema. d) La forma de navegación: es aquella en la que se le sugiere al estudiante para que navegue por el sistema teniendo en cuenta su discapacidad.

Adicionalmente, el modelo de discapacidad contempla aspectos de aprendizaje que pueden verse afectados por dificultades y/o la discapacidad en los procesos cognitivos de aprendizaje (ej, *memoria, lenguaje y atención*). El modelo permite almacenar dificultades de interacción con el sistema de información teniendo en cuenta la discapacidad. Por ejemplo, para discapacidades físicas, la dificultad de interacción se presenta al no manipular los dispositivos de comunicación usuario – dispositivo. Para discapacidades cognitivas, la dificultad está en la falta de modalidades alternativas de información en sistemas de información, por ejemplo, la falta de un texto alternativo que se puede convertir en audiovisual para complementar, o la falta de subtítulos para el audio. Las barreras que las personas con trastorno por déficit de atención pueden presentar obedecen a la distracción visual o de audio de elementos que no pueden ser fácilmente desactivados, la falta de organización clara y coherente en el sistema. Para discapacidades de tipo sensorial, por ejemplo auditiva, la dificultad se presente por la falta de subtítulos o transcripciones de audio en el sistema, falta de imágenes relacionadas con el contenido, la falta de un lenguaje claro y sencillo. Para discapacidades sensoriales, por ejemplo visual, la dificultad se presenta por las imágenes al no tener sonidos alternativos. El modelo presentado permite sugerir, dadas las preferencias y el comportamiento del estudiante, los objetos virtuales de aprendizaje que más se ajustan a sus características personales. Cuando los estudiantes presentan varias dificultades, e incluso discapacidad, se debe asociar a cada perfil de discapacidad/dificultad actividades específicas que se almacenan en *SugerenciaAspecto*, los intervalos de *Aspectovalorinicial* y *Aspectovalorfinal* están determinados por los agrupamientos que se realizan en el proceso denominado adaptar curso el cual se explica en detalle más adelante.

Figura 16: Perfil discapacidad.

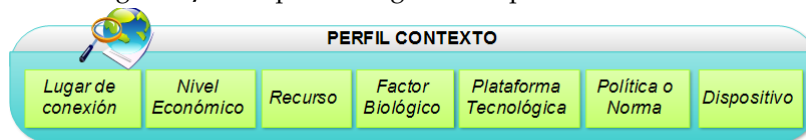


```

Sugerencia de Actividad <Prefe_Actividad> ::= <Nombre_Actividad> <
Codigo> <descripción> <Nombre_Actividad> ::= <String> <Código>
::= <Numeric> <Descripción> ::= <simulación> <texto> <video> <
lenguaje_especial> <secuencia> <repeticiones> <estado>
Sugerencia Percepción
<Prefe_percepción> ::= <Detalle> <Tipo> <Nivel> <Detalle> ::= <
String> <Visual> ::= <gráfico> <simulación> <grafo> <mapaconcep> |
(<Auditivo> ::= <melodía> <vozpausada> <voznormal>) | (<verbal> ::= <
frases> <narración> <párrafo>) <Tipo> ::= <Visual> <Auditivo> <
Verbal>
Sugerencia Forma de navegación
<Prefe_Despliegue> ::= <Tipo> <Tipo> ::= "video" | "simulación" |
"imagen" | "gráficos" | "leguajes_especiales" | "voz"
Sugerencia Medio de Acceso
<Dispositivo> ::= <Tipo> <características> <Tipo> ::= <string> <
Características> ::= <tecnología> <tipo_discapacidad> <
Velocidad> ::= <Numeric>

```

Figura 17: Componentes generales perfil de contexto.



Con el fin de representar las sugerencias y los aspectos se utilizó la notación *BNF* como se muestra a continuación:

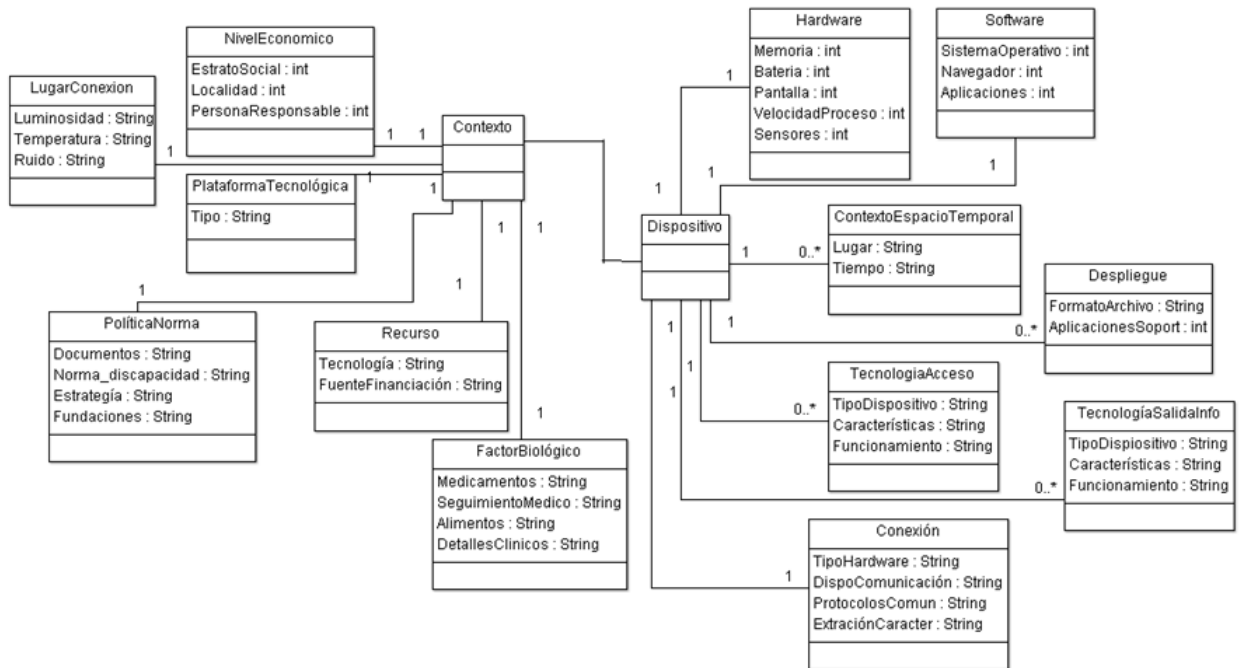
Una vez se ha determinado el perfil de discapacidad, se determinan las características que se deben considerar en el contexto, a continuación se detallan.

3.1.5 Perfil del contexto

El perfil de contexto define las características externas que determinan qué factores del medio exterior pueden tener incidencia en los servicios prestados. Estas características están asociadas con el lugar de conexión, el nivel económico, los recursos, los factores biológicos, las políticas o normas, la plataforma tecnológica y las características del dispositivo (ver Figura 17).

La Figura 18 muestra en detalle las características del perfil. Como se puede observar, el perfil del contexto está conformado por: (a) Lugar de conexión: descripción física del lugar en el cual se encuentra el usuario (luminosidad, temperatura, ruido). (b) Nivel económico: información sobre el nivel económico del estudiante, lo cual influiría dada la tecnología necesaria a ser utilizada (estrato social, localidad, personas responsable). (c) Políticas y normas de discapacidad: estatutos, decretos y legalidad que rige para la implementación de estrategias con discapacitados (artículos, decretos, normas, documentos). (d) Recurso: insumos existentes como por ejemplo, herramientas de comunicación. (e) Plataforma tecnológica: tipo de sistema operativo, tecnología de acceso (tipo de plataforma). (f) Factores biológicos: características y comportamiento del disca-

Figura 18: Perfil de contexto.



pacitado en cuanto a la alimentación, problemas médicos (medicamentos, seguimiento alimentos etc).

(g) El perfil del dispositivo almacena las características de dispositivo, en este aspecto es importante identificar las propiedades de (i) hardware como la memoria (capacidad de almacenamiento “interna y externa”), la batería, la pantalla (ancho, alto y resolución), la velocidad de procesamiento y los sensores (localización, luz, ruido). En términos de (ii) software es importante conocer el sistema operativo que posee, el tipo de navegador, las aplicaciones (visualizadores, reproductores, editores). (iii) Conexión: tipo de conexión que utiliza el dispositivo. (iv) Despliegue: de la información del usuario dependiendo del artefacto de interacción con el sistema que posea el usuario (Formato de archivo: relacionado con el tipo de aplicaciones que soporta el dispositivo). (v) Contexto espacio-temporal: dónde y cuándo desea ver la información el usuario. (vi) Tecnología de acceso: dispositivos de acceso dependiendo de la discapacidad. (viii) Tecnología de salida de información: dispositivos de salida de información dependiendo de la discapacidad (tipo dispositivo, características, funcionamiento).

Una vez definido el modelo de adaptación, fue necesario establecer el diseño de una plataforma de servicios, con el fin de determinar los procesos que permitirían la utilización del modelo de adaptación.

3.1.6 Especificaciones de integración de ALS

El modelo de adaptación debe tener en cuenta la alimentación y actualización de los perfiles; para ello, se diseñaron procesos, los cuales serán explicados en la sección

Cuadro 13: Procesos que alimentan los perfiles en ALS.

Perfil – Aspecto	Proceso	Acción
Estudiante – Estilo de aprendizaje	Ejecutar <i>test</i>	Alimentación-actualización
Estudiante- Preferencias	Verificar comportamiento	Alimentación-actualización
Estudiante	Generar perfil de estudiante	Alimentación-actualización
Discapacidad	Generar perfil de discapacidad	Alimentación-actualización
Contexto	Generar perfil de contexto	Alimentación-actualización

siguiente. El Cuadro 13 muestra en resumen el perfil, el nombre del proceso y el tipo de acción (actualización o alimentación).

Con el fin de determinar la funcionalidad del modelo de adaptación (ALS), con respecto a la segunda capa de la arquitectura, se diseñó “*Kamachiy-Idukay*”, plataforma que integra el modelo de adaptación con procesos de funcionamiento y toma de decisiones que permiten adaptar en el despliegue y en el contenido la información a estudiantes con o sin discapacidad teniendo en cuenta la existencia o no de dificultades en el aprendizaje. Los perfiles diseñados en el modelo de adaptación deben ser retroalimentados con resultados de un sistema de evaluación. A continuación el capítulo 4 detalla la plataforma.

“*Kamachiy-Idukay*”, del quechua “*servicios para educar*”, es una plataforma que ofrece servicios adaptativos educativos, teniendo en cuenta las características del estudiante [38], las propias de su discapacidad y/o dificultad [139], la estructura del curso, el modelo pedagógico y las características del contexto.

4.1 DESCRIPCIÓN

La plataforma incluye al modelo adaptativo de aprendizaje (*ALS*), descrito en el capítulo anterior. El análisis y diseño de la plataforma se realizó teniendo en cuenta la teoría de análisis estructurado de Yourdon [140]. En un contexto general, la plataforma tiene dos usuarios principales: el profesor y el estudiante. (ver Figura 19).

El profesor es fuente de información acerca de las características de la discapacidad, del modelo pedagógico y del curso. El estudiante es fuente de información de sus características generales y preferencias. La salida del sistema hace referencia a una aplicación *e-learning* con características de adaptación en los servicios educativos ofrecidos. La Figura 20 muestra el diagrama de *nivel 0*. Como se puede observar, los datos alimentados por los usuarios fuente (estudiante y profesor) de la plataforma son: i) características de la discapacidad “*perfil discapacidad*” [139]. ii) características y preferencias del estudiante, “*perfil del estudiante*”. iii) características del curso “*estructura del curso*”. iv) las características del modelo pedagógico “*modelo pedagógico*”. v) Características del contexto “*perfil del contexto*”. Estos datos corresponden a entradas del proceso principal de “*Kamachiy-Idukay*” denominado “*Adaptador*”. La salida del Adaptador hace referencia a una consulta enriquecida que ingresa al proceso “*Generador de servicios educativos*”, aplicado a un caso de estudio de estudiante con o sin discapacidad.

La Figura 21 muestra el diagrama en detalle de *nivel 1*. A continuación se describen brevemente cada uno de los procesos, para luego ser explicados en detalle indicando sus entradas, salidas y la técnica o algoritmo de funcionamiento.

(1) *Generar test aspecto y/o estilo de aprendizaje*: los tests se diseñan e ingresan a la plataforma por el profesor con el fin de evaluar la existencia o no de discapacidades y/o dificultades que se presentan en un estudiante y que afectan aspectos de aprendizaje (e.g., memoria, interpretación, lenguaje), y/o evaluar estilos de aprendizaje (e.g., verbal, visual).

(2) *Ejecutar test*: el estudiante al ingresar a la plataforma tiene dos opciones: i) si es la primera vez, realiza los tests en el sistema de acuerdo a las indicaciones de su profesor y el resultado queda almacenado en una base de datos. ii) Si ya ha realizado los tests, ingresará al curso, temática, sub-temática y actividad en donde había quedado con respecto a la sesión anterior.

(3) *Verificar el comportamiento*: el proceso verificará tanto el comportamiento del estudiante almacenando en una entidad de la base de datos “*historial de uso*” como el número de clics por sesión que realiza; de dicho número de clics se podría deducir la

Figura 19: Diagrama de Contexto "Kamachiy-Idukay".

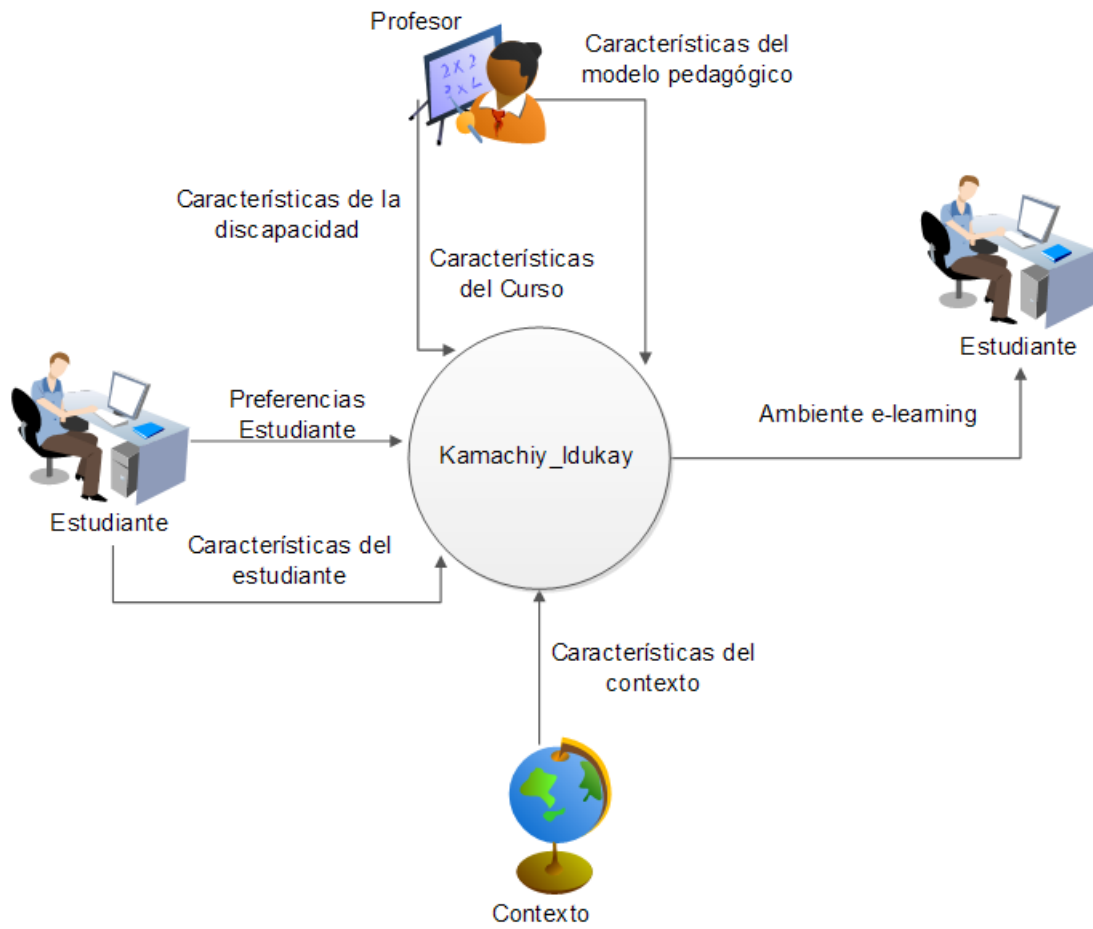
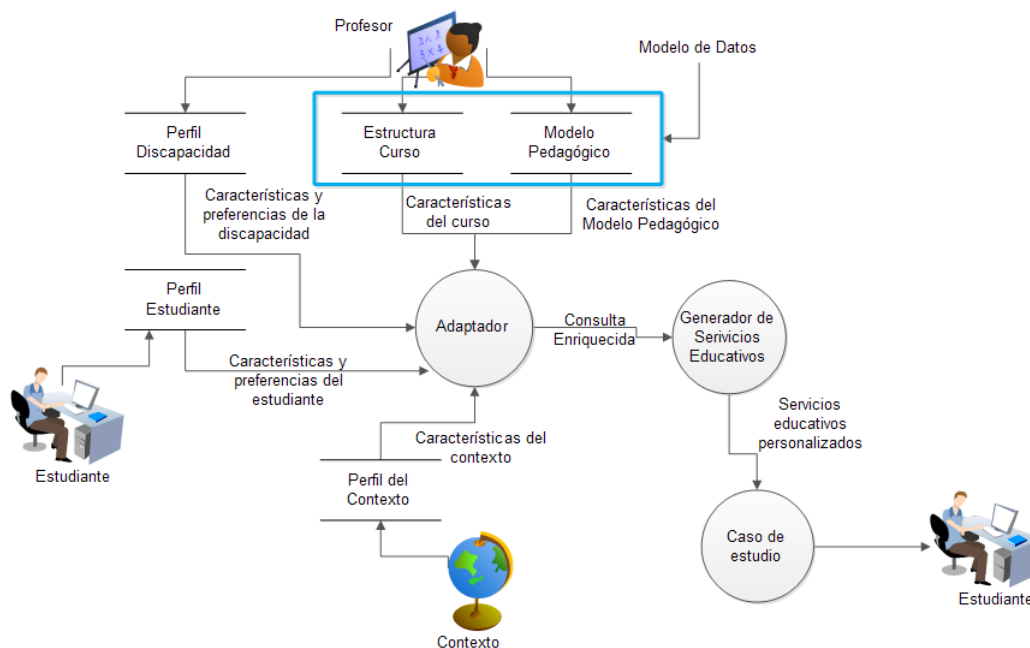


Figura 20: Diagrama de Nivel 0. *Kamachiy-Idukay*.

preferencia por gráficos y/o textos, lo que permite determinar un puntaje referente a la percepción del estudiante.

(4) *Generar perfil estudiante*: con los datos de salida de los procesos ejecutar test, las características generales de los estudiantes y los datos de salida del proceso verificar comportamiento, el sistema genera un perfil de estudiante que se almacena en una base de datos.

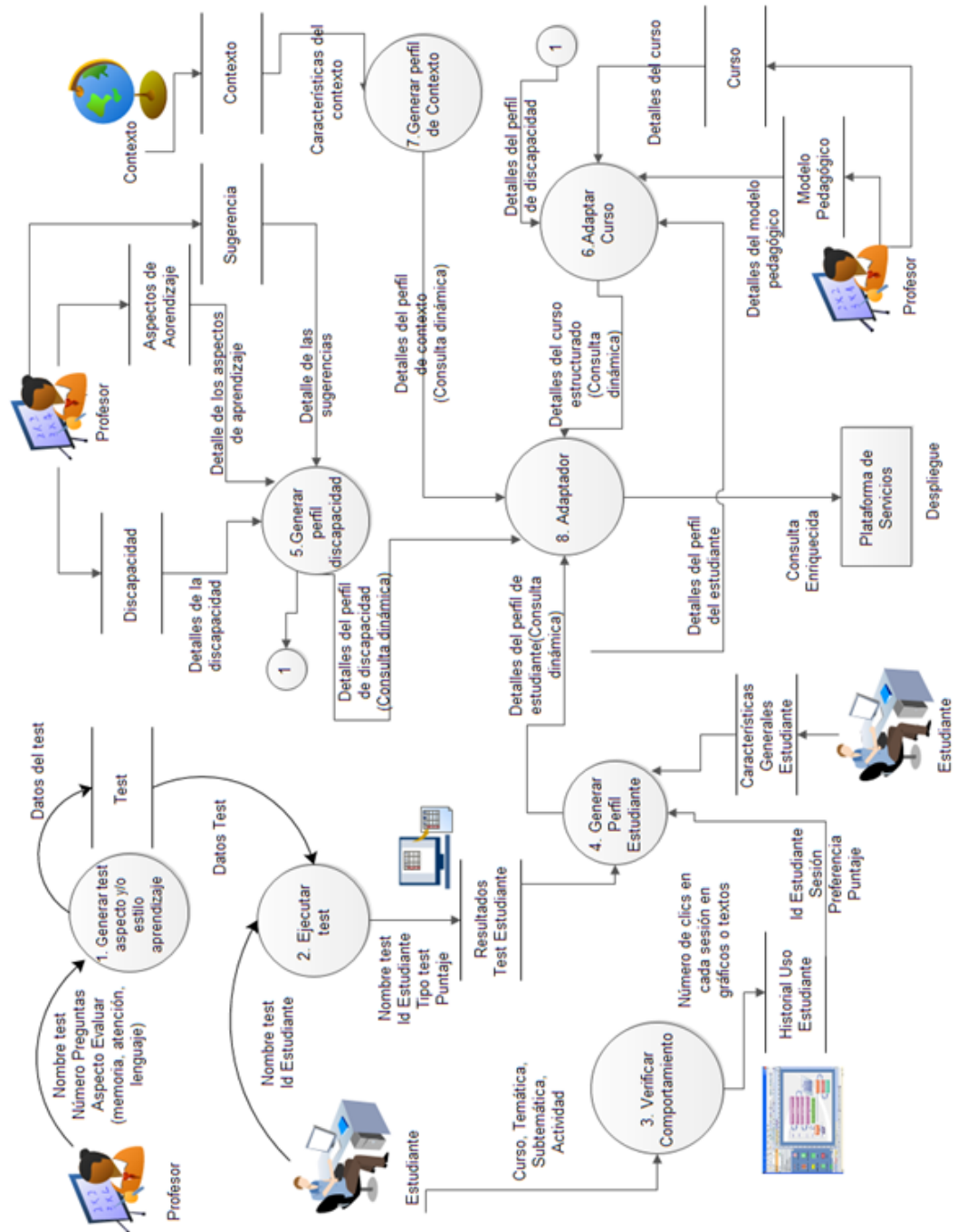
(5) *Generar perfil de discapacidad*: este proceso tiene en cuenta la información almacenada por un experto en términos de discapacidad (e.g., cognitiva, sensorial), aspectos de aprendizaje (e.g., memoria, atención) y las sugerencias (e.g., tipo de actividades y formatos de despliegue) que se requieren para este tipo de dificultades, con el fin de generar un perfil de discapacidad o características de las dificultades.

(6) *Adaptador Curso*: este proceso es el que realiza el módulo adaptativo “*Kamachiy-Mayistru*”; recibe la información correspondiente a: cursos, temáticas, sub-temáticas y actividades. El proceso utiliza un algoritmo de agrupamiento *k-means*[144], con el fin de determinar los diferentes niveles de los estudiantes que tienen dificultades en aspectos de aprendizaje. Esto se realiza con el fin de estructurar un curso teniendo en cuenta el perfil del estudiante que puede presentar aspectos de dificultad y/o discapacidad.

(7) *Generar perfil del contexto*: este proceso tiene en cuenta los detalles que forman parte del contexto con el fin de generar un perfil que contiene externas que afectan el proceso de aprendizaje en los estudiantes.

(8) *Adaptador*: este proceso recibe la información del perfil del estudiante, del de discapacidad y del curso, con el fin de realizar una priorización multi-criterio (*AHP*) [127], un análisis basado en reglas y la utilización de un algoritmo de agrupamiento para tomar decisiones con respecto a las prioridades requeridas de información adecuada que debe ser enviada a la plataforma de servicios. En términos generales, el estudiante al ingresar a la plataforma tiene dos opciones: i) si es la primera vez, realiza los

Figura 21: Diagrama Nivel 1 de "Kamachiy-Idukay".



tests en el sistema (proceso “Ejecutar test”), de acuerdo a las indicaciones de su profesor (proceso “Generar test aspecto y/o estilo de aprendizaje”). ii) Si ya ha realizado los tests, ingresará al curso, temática, sub-temática y actividad en donde había quedado con respecto a la sesión anterior. El sistema internamente verificará el comportamiento (proceso “Verificar comportamiento”), almacenando en una entidad de historial de uso en la base de datos, el número de selecciones por sesión que realiza en actividades o recursos gráficos y/o textos, lo que determina un puntaje en la preferencia de percepción. Con los datos de los tests, las características generales de los estudiantes y del historial de uso, el sistema genera un perfil de estudiante que se almacena en la base de datos (proceso “Generar Perfil Estudiante”). Además, el profesor o un experto puede ingresar a la plataforma y alimentar las características de la discapacidad, sus aspectos de aprendizaje y las sugerencias en el despliegue de la información recomendadas teniendo en cuenta la discapacidad (proceso “Generar perfil discapacidad”). También, el profesor puede estructurar el curso (proceso “Adaptar Curso”) con los datos del modelo pedagógico, curso y actividades. La información del contexto permite la generación de un perfil que contiene características adicionales que afectan el proceso de adaptación. El proceso “Adaptador” toma la información de entidades en la base de datos que almacenan el perfil del estudiante, el perfil de discapacidad, la estructura del curso, el modelo pedagógico y el perfil del contexto para generar una consulta enriquecida (consulta refinada que incluye la información del estudiante)[170] y enviar la información a un generador de servicios educativos “Plataforma de Servicios” como por ejemplo, crear cursos, generar consultas en repositorios de objetos virtuales de aprendizaje, consultar actividad, consultar temática, entre otros. A continuación se describe en detalle (modelo de diseño) de cada uno de los procesos, teniendo en cuenta la descripción, sus principales entradas, salidas y algoritmo de funcionamiento.

4.2 MODELO DE DISEÑO

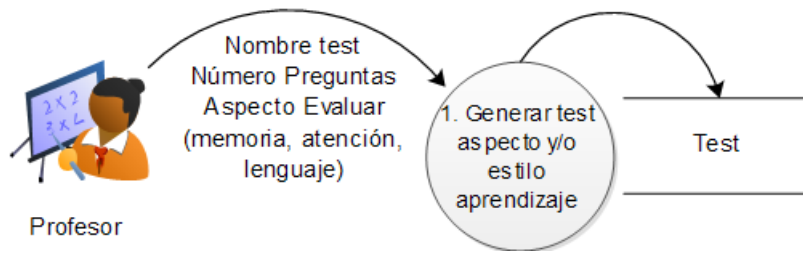
En esta sección se describe el modelo de diseño, que consiste en la descripción en detalle de cada uno de los procesos indicando entrada, salidas, base de de datos y técnica a utilizar.

4.2.1 Generar test

Este proceso permite en la plataforma generar *test* al psicólogo y/o al profesor con el fin de evaluar aspectos de aprendizaje, estilos de aprendizaje o conocimientos de una temática. Este proceso permite alimentar el perfil del estudiante con respecto a los estilos de aprendizaje, la discapacidad y/o las dificultades. Como se observa en la Figura 22, este proceso recibe como datos de entrada el nombre de *test*, el número de preguntas y el aspecto o estilo a evaluar; como salida se almacena en una base de datos la información de los *tests*.

La caracterización de los datos de entrada del proceso se muestra en el Cuadro 14.

La salida del proceso consolida una base de datos denominada *test* (ver Figura 23). Como se observa, la base de datos está formada por tres entidades o tablas de nombre *test*, *Numpreguntastest* y *respuestasSelemulti*. En la primera entidad (*test*) se almacenan los datos generales, los atributos de esta entidad son el *idtest* (código que identifica

Figura 22: Proceso generar *test*.Cuadro 14: Datos de entrada proceso generar *test*.

Variable de entrada	Descripción [Ejemplo]
Nombre test	Nombre del test dado por el psicólogo [Test colores – test Joyce]
Número de preguntas	Value [1-30]
Aspecto a evaluar	Aspecto psicológico o de habilidad que se evalúa en el test [Aspecto de aprendizaje – memoria- atención]

el *test*), el *NombreTest* (nombre dado por el profesor o psicólogo), *Numpreg* (número de preguntas del *test*), *Aspecto* (tipo o estilo de aprendizaje). La entidad *NumPreguntasTest* almacena la información de cada una de las preguntas, *Idtest* (identificador del test), *IdPregunta* (Identificador de la pregunta), *SecPregunta* (Número de secuencia en el test), *Pregunta* (Descripción de la pregunta), *TipoRespuesta* (Si es cerrada o de selección múltiple), *Respuesta* en el caso que sea cerrada o de selección múltiple.

La técnica a utilizar se denomina Algoritmo de generación de *test* (ver Figura 24.)

Como se observa en el algoritmo, los datos de entrada del algoritmo son el nombre del *test* (*Nametest*), Número de preguntas (*Numquestions*), el aspecto a evaluar (*Aspecteval*), el tipo de pregunta - si es abierta o cerrada (*Question*)- y la respuesta correcta a la pregunta (*Answer*). El resultado del algoritmo será la creación de un registro en una base de datos denominada "*test*". La tabla 1 almacena las preguntas del *test*, la tabla 2 almacena los datos del *test*. Mientras que el nombre del *test* sea diferente de cero, se realiza un ciclo para almacenar en la tabla número de preguntas de *test*, cada una de las preguntas de cada *test* que el docente está creando. Una vez se termina con la creación de las preguntas se almacena los datos generales del *test*. A continuación se explica en detalle el proceso denominado "*ejecutar test*".

4.2.2 Ejecutar *test*

El proceso "*Ejecutar test*", permite al estudiante ejecutar el test en la plataforma. Este proceso permite alimentar el perfil del estudiante con respecto a los estilos de aprendizaje, la discapacidad y/o las dificultades. El proceso recibe la información de la base de datos de *test* y del estudiante, recibe los datos de identificación y el nombre del *test* que se va a realizar. Como salida se almacena la información en una base de datos de datos (Ver Figura 25).

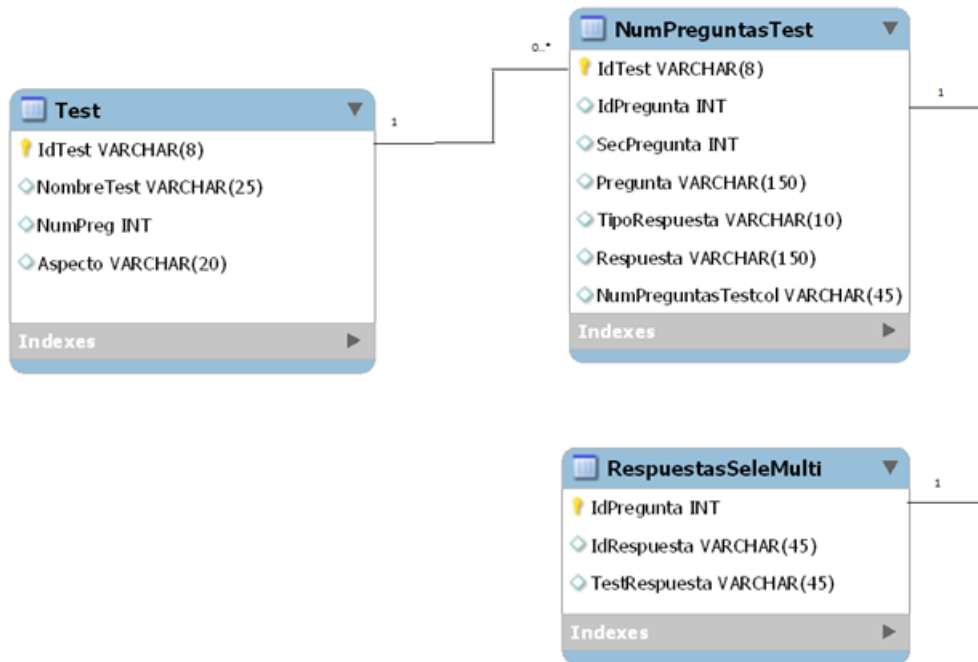
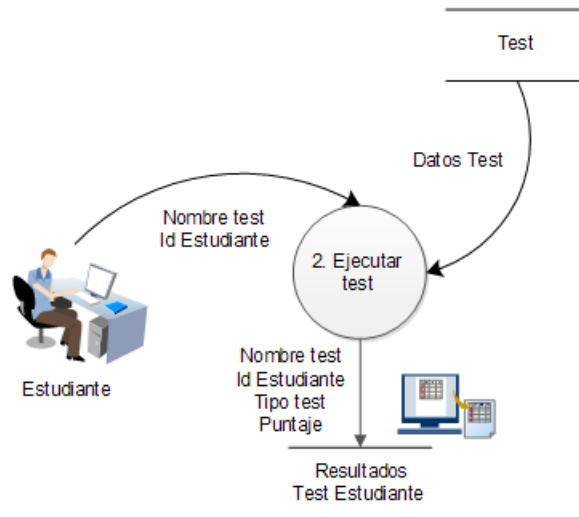
Figura 23: Base de datos de datos de *Test*.

Figura 24: Algoritmo Generar test.

Algorithm 1 Generar Test

Datos entradas: Nombretest, Numpreguntas, Aspecteval, Idpregunta, Tipopregunta, pregunta, Respuesta
 Resultado: Crear registro en tabla test
 $Tabla1 \leftarrow NumPreguntasTest$
 $Tabla2 \leftarrow Test$
while $|Nombretest \neq ""|$ **do**
 for $t = 1 : Numpreguntas$ **do**
 $Idpreguntas \leftarrow t$
 $ExecuteSQL ("insert into Tabla1 values Nombretest, Idpreguntas,$
 $Tipopregunta, Pregunta, Respuesta")$
 end for
 $ExecuteSQL ("insert into Tabla2 values Nombretest, Numeropreguntas,$
 $Aspecteval")$
end while

Figura 25: Proceso ejecutar *test*.Cuadro 15: Datos de entrada proceso ejecutar *test*.

Variable de entrada	Descripción [Ejemplo]
Nombre test	Nombre del test dado por el psicólogo [Test colores – test Joyce]
Id Estudiante	Identificación única del estudiante [Código numérico]
Id test	Dato que identifica el test

La caracterización de los datos de entrada del proceso se muestra en el Cuadro 15.

La salida del proceso consolida en una base de datos denominada *test* (ver Figura 26).

Como se puede observar, una tabla almacena los datos del *test* del estudiante, con los atributos *IdTest* (Identificador test), *IdEstudiante* (Identificador del estudiante), *IdQuestion* (Identificador de la pregunta), *Valor* (Es el resultado que contesta el estudiante a cada pregunta). La técnica a utilizar se denomina Algoritmo de ejecución de test (ver Figura 27)

Como se puede observar, los datos de entrada al proceso son el nombre del *test* (*Na-metest*), la identificación del estudiante (*Idstudent*), el nombre del estudiante (*NameStudent*) y la fecha de realización del *test* (*Date*). El resultado del algoritmo es la creación de un registro en la tabla *TestStudent*. La identificación de las tablas se hace en el algoritmo así: la tabla 1 es la entidad de estudiantes y tiene almacenado la información del estudiante, la tabla 2 es la entidad *test* descrita en el proceso de generación *test* y almacena los datos generales del *test*. La tabla 3 es la tabla que almacena los resultados del estudiante con respecto a las preguntas de cada *test* que realiza. La variable *Acum* es un acumulador que almacena el puntaje total del *test* obtenido por el estudiante. Mientras la identificación del estudiante sea diferente de cero, el algoritmo solicitará el

Figura 26: Base de datos resultados *test* del estudiante.

Figura 27: Algoritmo Ejecutar test.

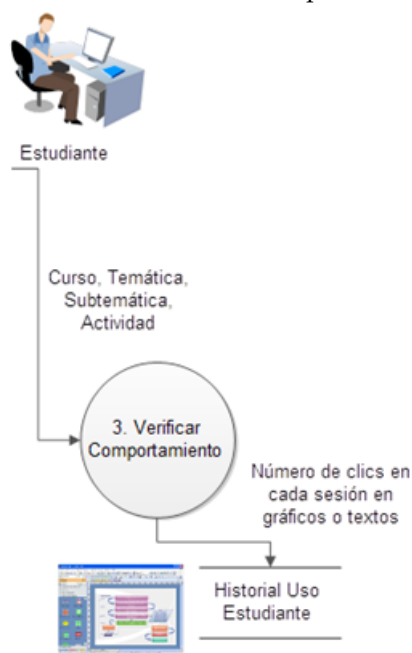
Algorithm 1 Ejecutar Test

Datos entrada: NombreTest, IdEstudiante, NombreEstudiante, Fecha
 Resultado: Nuevo Resgistro en la Tabla TestEstudiante

Tabla1 ← *Estudiante*
Tabla2 ← *Test*
Tabla3 ← *TestEstudiante*
Acum ← 0

while |*IdEstudiante* ≠ ""| **do**
 testejecutar ← *Nombretest*
 ExecuteSQL ("Select * from *tabla2* where NombreTest=*testejecutar*")
 for *t* = 1 : *Numpreguntas* **do**
 Idpregunta ← *t*
 ExecuteSQL ("insert into *tabla3* values *IdEstudiante*, *Nombretest*, *Id-*
 pregunta, *Valorpregunta* ")
 Acum ← *Acum* + *Valorpregunta*
 end for
end while

Figura 28: Proceso verificar comportamiento.



nombre del test que realizará el estudiante y lo almacenará en la variable `testexecute`. Luego se realiza una consulta para seleccionar las preguntas del test seleccionado. Se debe tener en cuenta que el ejecutar test permite retroalimentar el perfil del estudiante almacenando los diagnósticos de discapacidad, dificultades en el aprendizaje y estilos. A continuación se explica en detalle el proceso denominado “*verificar comportamiento*”.

4.2.3 Verificar comportamiento

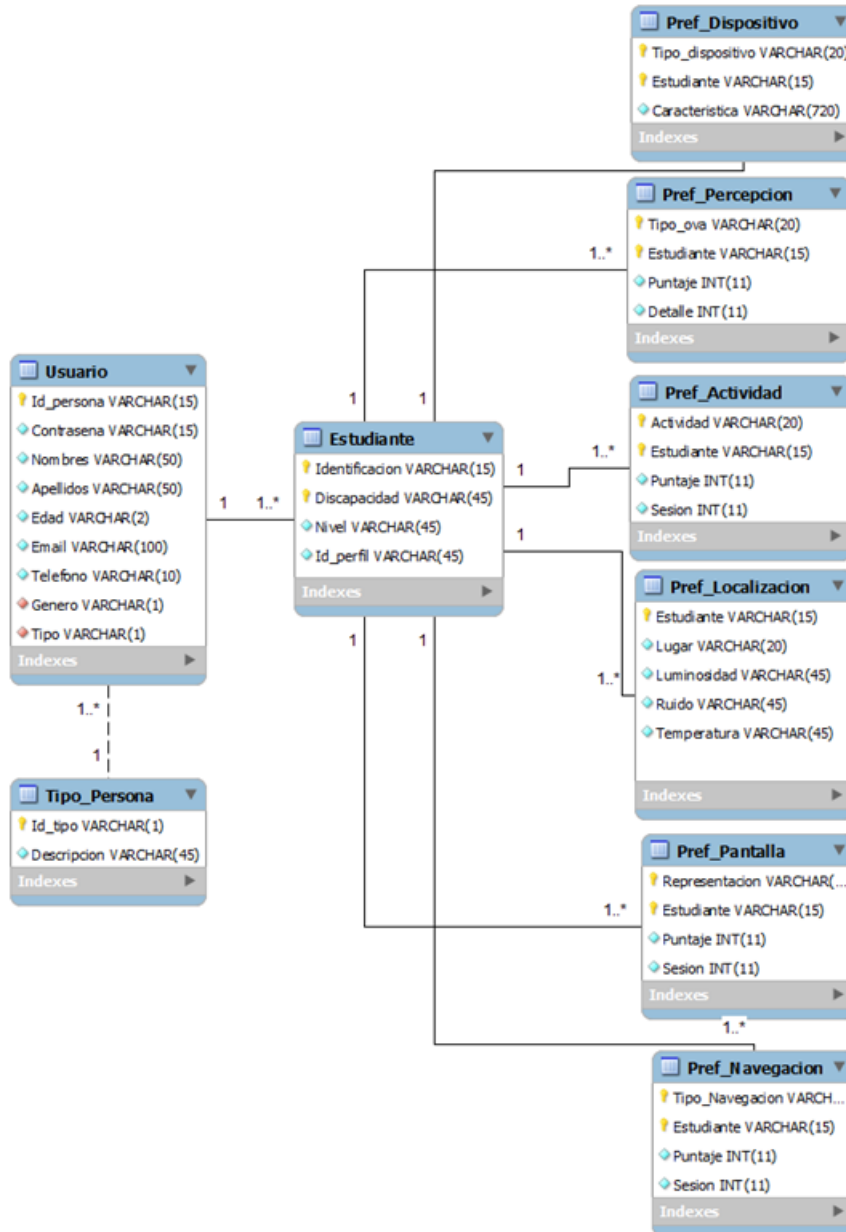
El proceso “*verificar comportamiento*” (ver Figura 28), recibe la información del estudiante con respecto a los cursos en los cuales está inscrito y a las temáticas, subtemáticas y actividades que realiza en la plataforma. Este proceso permite alimentar y retroalimentar las preferencias del estudiante. El proceso verifica la cantidad de veces que el estudiante ha preferido los enlaces con gráficos o si él ha preferido los enlaces con texto. También identifica el tipo de OVA de preferencia por el estudiante. Toda esta información se almacena en una base de datos denominada “*historial de uso del estudiante*”.

La caracterización de los datos de entrada del proceso se muestra en el Cuadro 16.

La salida del proceso consolida en una base de datos denominada historial de uso (ver Figura 29).

Como se observa, la base de datos historial de uso está conformado por las tablas que permiten almacenar el comportamiento del estudiante en términos de preferencias, logrando obtener el historial de uso del estudiante. La tabla *pref_percepción* almacena la preferencia de percepción del estudiante. Sus atributos son: el estudiante, el tipo de objeto virtual de aprendizaje de mayor preferencia por el estudiante, el puntaje, indica el número de veces que en cada sesión el estudiante ha preferido el objeto virtual de aprendizaje, el detalle almacena una descripción de la preferencia de percepción del

Figura 29: Base de datos verificar comportamiento.



Cuadro 16: Datos de entrada proceso verificar comportamiento.

Variable de entrada	Descripción [Ejemplo]
Curso	Curso donde actualmente está inscrito el estudiante [Matemáticas]
Temática	Última temática que estudiante haya visto. [Números reales]
Sub temática	Última sub temática de la temática que el estudiante haya visto. [Operaciones de números reales]
Actividad	Actividad actual realizada por el estudiante

estudiante. La tabla *pref_Navegación* almacena la preferencia del estudiante cuando navega por la plataforma, sus características son: El tipo de navegación es el medio por el cual el estudiante prefiere navegar (por ejemplo, enlaces con iconos o enlaces con texto), el puntaje indica el número de veces que el estudiante ha seleccionado el tipo de preferencia y la sesión. La tabla de *estudiante* permite almacenar los datos básicos. La tabla *pref_Actividad* almacena la preferencia de actividades del estudiante; sus atributos son: la actividad (por ejemplo ejercicios, lecturas, crucigramas, etc.), el estudiante, el puntaje que indica el número de veces que el estudiante prefiere esa actividad, la sesión indica la sesión actual en la que está el estudiante. La tabla *Pref_Pantalla* almacena la preferencia del estudiante en el despliegue de la información; los atributos son la representación (por ejemplo, el despliegue en lenguaje de señas, en simulaciones, etc.), el estudiante, el puntaje indica el número de veces que el estudiante ha preferido el tipo de despliegue y la sesión en la que se encuentre actualmente. La tabla *pref_dispositivo* almacena la preferencia del estudiante del dispositivo desde el cual accede a la plataforma sus atributos son tipo de dispositivo (por ejemplo, celular, equipos personal, etc.), estudiante, características del dispositivo (tipo de hardware, tipo de comunicación, software, entre otros). La tabla *pref_localización* almacena la preferencia del estudiante teniendo en cuenta la localización, sus atributos son el estudiante, el lugar desde el cuál accede a la plataforma, la luminosidad del lugar de acceso, el ruido del entorno y la temperatura del ambiente. La técnica a utilizar se denomina algoritmo de verificación comportamiento, que permite obtener el historial de uso del estudiante en la plataforma (ver Figura 30).

Cuando el estudiante se encuentra en la plataforma y ha seleccionado un curso, una temática, una actividad, se realiza una consulta del puntaje que tiene en cada una de las sesiones a las que ha ingresado. Ese puntaje hace referencia al número de veces que ha preferido diferentes tipos de OVA. El algoritmo almacena el número de veces que en cada sesión ha preferido la selección. A continuación se explica en detalle el proceso denominado “*generar perfil del estudiante*”.

4.2.4 Generar perfil del estudiante

El proceso generar perfil de estudiante realiza consultas en la base de datos denominada historial de uso, características generales y resultados de *test* de un estudiante

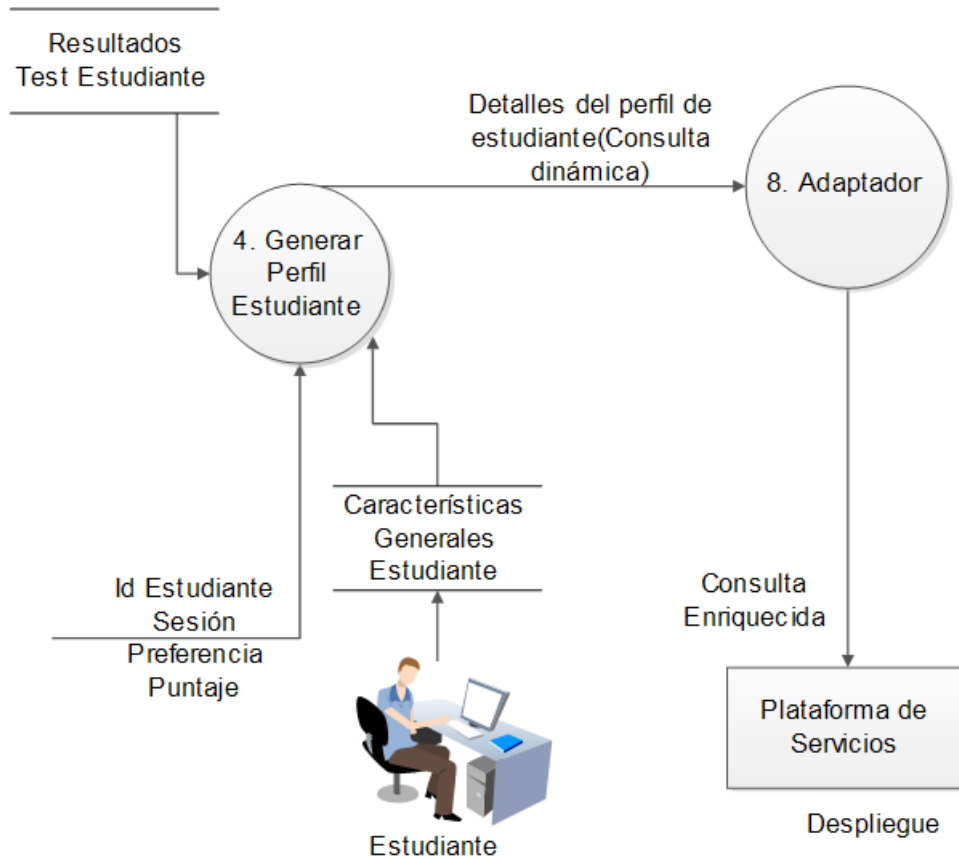
Figura 30: Algoritmo verificar comportamiento.

Algorithm 1 Verificar Comportamiento

Datos Entrada: NombreEstudiante, Curso, Temática, Sub Temática, Actividad
 Resultado: Nuevo registro en Tabla preferencia de percepción

Tabla1 ← *Estudiante*
Tabla2 ← *Curso*
Tabla3 ← *Tematica*
Tabla4 ← *Subtematica*
Tabla5 ← *Actividad*
Tabla6 ← *PreferenciaPercep*
Acum ← 0
Puntaje ← *ExecuteSQL*("Select[*Puntaje*]from*tabla6*where*NombreEstudiante* =
NombreEstudiante")
Sesion ← *ExecuteSQL*(*Select*[*Sesion*]from*tabla1*where*NameStudent* =
NombreEstudiante)
while (*Sesion* ≠ "") **do**
 ExecuteSQL ("Select * from *tabla2*, *tabla3*, *tabla4*, *tabla5* where *Nom-*
 breEstudiante=*NombreEstudiante*")
 if *Puntaje* ← 1 **then**
 Puntaje ← (*Puntaje* + 1)
 ExecuteSQL ("Update *tabla6* Set *Puntaje*")
 else
 ExecuteSQL ("Insert into *tabla6*values*Estudiante*, *Curso*, *Tematica*, *Subtematica*,
 Actividad, *Preferenciapercepcion* ")
 end if
end while

Figura 31: Proceso generar perfil del estudiante.



(explicado en la sesión anterior). La salida del proceso es una consulta dinámica que determina el perfil del estudiante y va al proceso denominado “*adaptador*” (ver Figura 31).

La caracterización de los datos de entrada del proceso se muestra en el Cuadro 17.

La salida del proceso consolida una consulta dinámica que determina el perfil del estudiante. La técnica utilizar (el algoritmo) se observa en la Figura 32.

Como se puede observar, el primer proceso del algoritmo permite realizar una consulta a los tests realizados por el estudiante, para determinar los resultados obtenidos en términos de lenguaje, atención y memoria. El segundo proceso realiza una consulta a las preferencias de estudiantes en términos de percepción y determina la que tenga el mayor puntaje. Por ejemplo, si un estudiante dado su comportamiento en la plataforma ha preferido un mayor número de veces el despliegue de simulaciones, ésta será la preferencia obtenida de la consulta. El tercer proceso realiza una consulta acerca del estilo de aprendizaje que define al estudiante, por ejemplo, si es verbal o visual. A continuación se explica en detalle el proceso “*Generar perfil de discapacidad*”.

4.2.5 Generar perfil de discapacidad

El proceso generar perfil de discapacidad realiza consultas de la discapacidad, los aspectos de aprendizaje en donde se presenta dificultades en el proceso educativo y

Figura 32: Proceso generar perfil del estudiante.

Algorithm 1 Generar perfil estudiante Part 1

```

Datos Entrada: IdEstudiante, NombreEstudiante
Tabla1 ← TestEstudiante
Tabla2 ← Preferencia
Tabla3 ← Habilidad
Result: Consulta para el estudiante IdStudent
Tabla5 ← PerfilEstudiante
ActualId ← IdEstudiante Estudiante Actual
while (ActualId ≠ "") do
  procedure PROCESO1
    TestSelect ← ExecuteSQL("Select * from Table1
    where IdEstudiante=ActualId")
    CountReg ← ExecuteSQL ("Select COUNT(*) TestSelect")
    if TestSelect ≠ "" then
      while (CountReg ≠ "0") do
        ExecuteSQL("insert into Table5 values IdEstudi-
ante,Discapacidad")
        if Tabla1.Tipotest = Lenguaje then
          ExecuteSQL("Update tabla5 values Aspectolenguaje
          set tabla1.Puntaje where IdStudent=ActualId")
        end if
        if tabla1.Tipotest = Memoria then
          ExecuteSQL("Update tabla5 values Aspectomemoria
          set tabla1.Puntaje" where IdStudent=ActualId)
        end if
        if tabla1.Tipotest = Atención then
          ExecuteSQL("Update tabla5 values Aspectoatención
          set tabla1.Puntaje" where IdStudent=ActualId)
        end if
        CountReg ← CountReg + 1
        ExecuteSQL("MoveNext")
      end while
    end if
  end procedure
end while

```

Algorithm 2 Generar Pefil Estudiante Part 2

```

while (ActualId ≠ "") do
  procedure PROCESO2
    PreferenciaSelect ← ExecuteSQL("Select * from tabla2 where IdEstudiante=ActalId")
    CountReg ← ExecuteSQL ("Select COUNT(*) PreferenciaSelect")
    if PreferenciaSelect ≠ "" then
      while (CountReg ≠ "0") do
        if tabla2.puntaje > mayor then
          mayor = tabla2.puntaje
        end if
        CountReg ← CountReg + 1
        ExecuteSQL("MoveNext")
      end while
    end if
  end procedure

  procedure PROCESO3
    HabilidadSelect ← ExecuteSQL("Select * from tabla2 where IdEstudent=ActalId")
    CountReg ← ExecuteSQL ("Select COUNT(*) HabilidadSelect")
    if HabilidadSelect ≠ "" then
      while (CountReg ≠ "0") do
        if tabla2.puntaje > mayor then
          mayor = tabla2.puntaje
        end if
        CountReg ← CountReg + 1
        ExecuteSQL("MoveNext")
      end while
    end if
  end procedure
end while

```

Cuadro 17: Datos de entrada proceso generar perfil del estudiante.

Variable de entrada	Descripción [Ejemplo]
Nombre test	Nombre del test realizado al estudiante. [test exploratorio de dislexia específica]
Id Estudiante	Identificación del estudiante en el sistema. [52364]
Tipo test	Test para determinar la dificultad y/o discapacidad con respecto al aspecto de aprendizaje. [Atención]
Puntaje	Puntaje obtenido por el estudiante en la prueba
Sesión	define el número de sesiones que el estudiante ha tenido con respecto a un curso determinado
Preferencias	Determina el tipo de preferencias que se tendrá en cuenta en la generación del perfil. [Percepción].
Puntaje	dato numérico obtenido del número de veces que ha seleccionado la preferencias

Cuadro 18: Datos de entrada proceso generar perfil del estudiante.

Variable de entrada	Descripción [Ejemplo]
Discapacidad	Nombre de la discapacidad que presenta el estudiante. [Sordo]
Aspecto	Aspecto de aprendizaje en el cual tiene dificultad [Memoria]
Sugerencia	Sugerencia del formato y/o contenido

las sugerencias del experto en términos de actividades y OVA. Como resultado del proceso se obtiene una consulta dinámica que define diferentes tipos de perfiles de discapacidades o dificultades. Así por ejemplo pueden existir varios perfiles para discapacitados sensoriales sordos o perfiles para dificultades en estudiantes que no tienen discapacidad (ver Figura 22).

Los datos de entrada al proceso están definidos por la base de datos de discapacidad, aspectos de aprendizaje y sugerencias. (ver Cuadro 18)

La Figura 34 muestra la base de datos, en el cual se almacena la información de las diferentes discapacidades [36], y/o dificultades del aprendizaje [141], los aspectos que se ven afectados en cada una de ellas, tales como procesos de memoria, interpretación y/o lenguaje, las sugerencias dadas por el experto en las discapacidades y dificultades, y el perfil que reúne la información anterior.

Como se puede observar, la base de datos está conformada por las tablas: (a) *discapacidad*: almacena los datos de la discapacidad (nombre, características sociales, tipo y sentido que afecta). (b) *Tipo_Discapacidad*: almacena las categorías de las discapacidades. (c) *Las sugerencias*: almacena diferentes sugerencias con respecto a la discapacidad. (d) *Tipo_Sugerencia*: almacena si la sugerencia es de percepción, actividad, navegación, formato o dispositivo. (e) *Aspecto de aprendizaje*: almacena los aspectos que afectan la

Figura 33: Diagrama “Proceso generar perfil de discapacidad”.

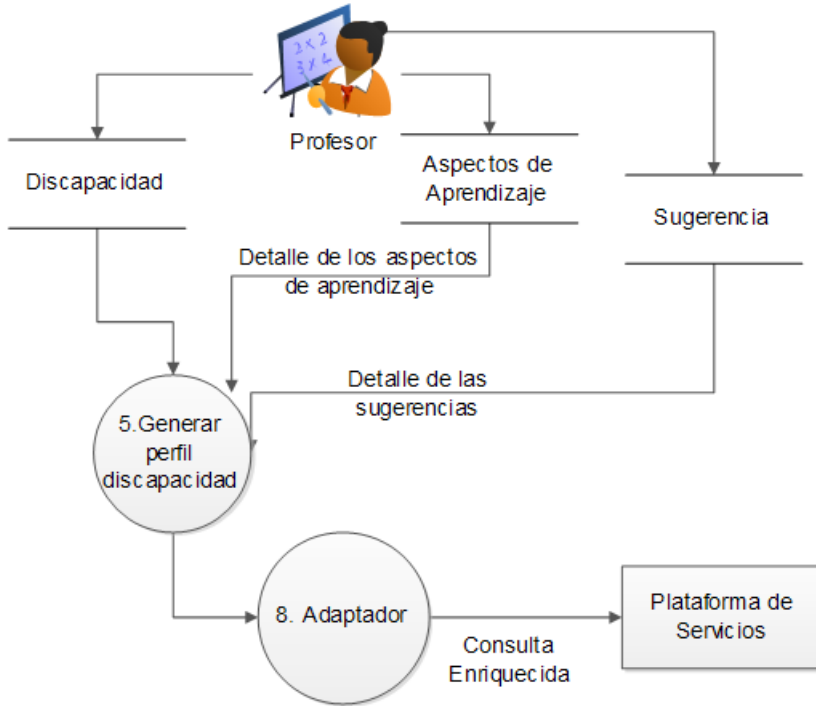


Figura 34: Base de datos denominada “perfil de discapacidad”.

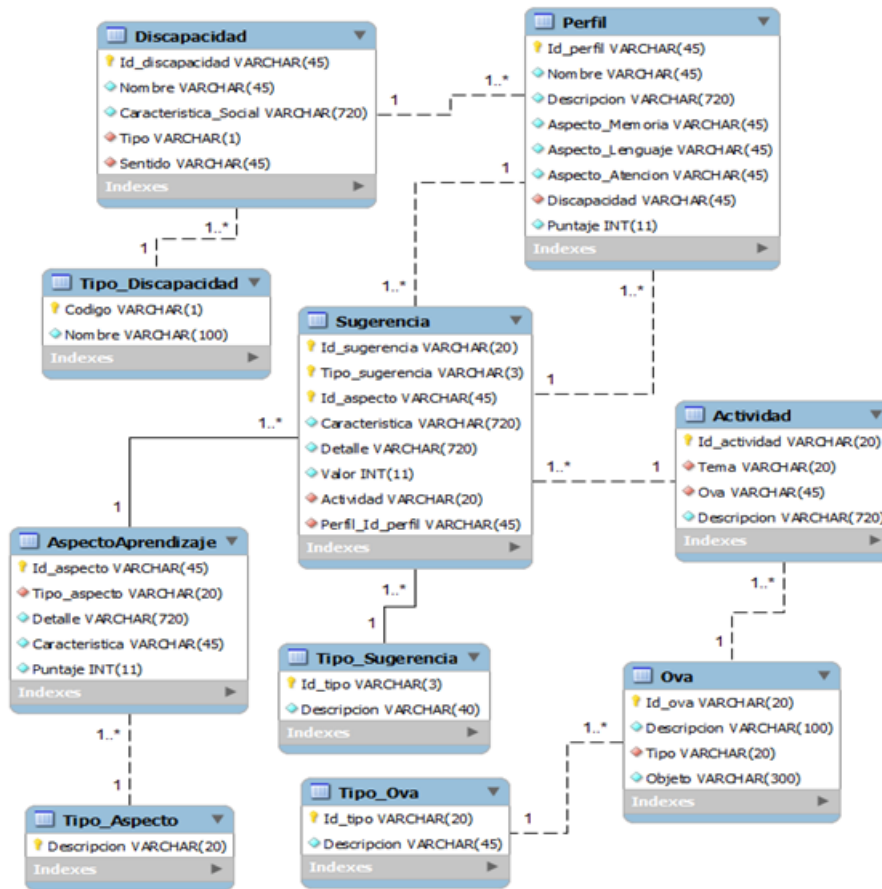


Figura 35: Algoritmo “Proceso generar perfil de discapacidad”.

Algorithm 1 Generar Perfil Discapacidad

Datos Entrada: IdDiscapacidad and tablas
Table1 ← *Discapacidad*
Table2 ← *Sugerencia*
Table3 ← *AspectosAprendizaje*
Resultado: Generar Perfil Discapacidad
Table4 ← *ProfileDisability*
ActualId ← *IdDisability*
while (*ActualId* ≠ "") **do**
 procedure PROCESO1-CREAR DISCAPACIDAD
 ExecuteSQL("insert into *Table1* values Name, CarSocial,CarCognitiva, Dificultad, Sentido, Tipo")
 end procedure
end while

procedure PROCESO2- CREAR SUGERENCIA
 DiscapacidadSelect ← *ExecuteSQL*("Select * from *Table1* where IdDiscapacidad=*ActualId*")
 if *DisabilitieSelect* ≠ "" **then**
 ExecuteSQL("insert into *Table2* values formato, dispositivo, percepción, navegación")
 end if
end procedure

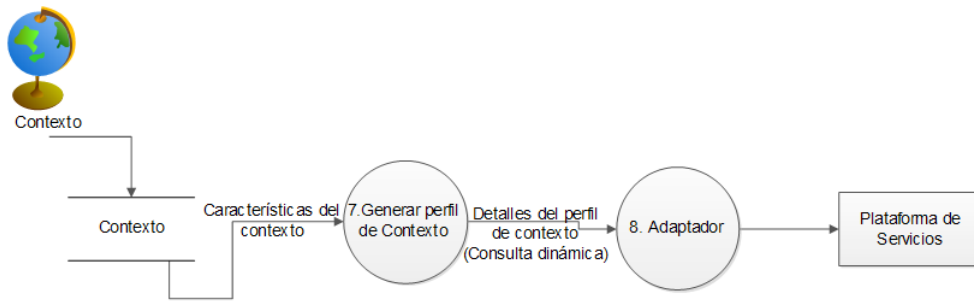
procedure PROCESO3- CREAR ASPECTOS DE APRENDIZAJE
 DiscapacidadSelect ← *ExecuteSQL*("Select * from *Table1* where IdDiscapacidad=*ActualId*")
 if *DiscapacidadSelect* ≠ "" **then**
 ExecuteSQL("insert into *Table3* values memoria, atención, lenguaje")
 end if
end procedure

procedure PROCESO4- CREAR PERFIL DISCAPACIDAD
 DiscapacidadSelect ← *ExecuteSQL*("Select * from *Table1* where IdDiscapacidad=*ActualId*")
 if *DisabilitySelect* ≠ "" **then**
 ExecuteSQL("Select * from *table2, table3, table4* where *IdDiscapacidad* = *ActualId*")
 ExecuteSQL("insert into *table4* values *IdPerfil, IdDiscapacidad, IdAspecto, IdSugerencia*")
 end if
end procedure

discapacidad o las dificultades por ejemplo, memoria, atención y lenguaje; se encuentra asociado a la tabla de sugerencias. (f) *Actividad*: es el tipo de actividades asociados a las sub temáticas, por ejemplo, OVA en diferentes formatos. La técnica a utilizar en el proceso generar perfil de discapacidad se observa en la Figura 35.

Como se puede observar en la Figura 34, el algoritmo contiene cuatro procesos, el primero de ellos almacena los datos de una discapacidad (información dada por el experto o especialista), incluyendo las características a nivel social y cognitivo que se presentan. En el segundo proceso se crean las sugerencias de formato, dispositivo, percepción y navegación que más se ajustan a cada una de las discapacidades (información dada por el experto o especialista). El tercer proceso permite registrar las actividades que son adecuadas para cada uno de los aspectos de aprendizaje que se ven afectados en cada una de las discapacidades, por ejemplo, la atención, el lenguaje y la memoria. Por último, el proceso crear perfil de discapacidad se genera a partir de una consulta

Figura 36: Diagrama del proceso Generar perfil del contexto.



dinámica a las sugerencias, las características y los aspectos de aprendizaje. Lo anterior permite por ejemplo, generar varios perfiles de estudiantes sordos que tienen varias dificultades en los aspectos de aprendizaje. De este modo, un perfil de discapacidad sensorial (sordo) podrá incluir actividades orientadas a las dificultades con la memoria y otro perfil de la misma discapacidad sensorial (sordos) podrá incluir actividades con respecto a la atención. Adicionalmente, el perfil puede contener sugerencias en el despliegue de información en términos de formato, dispositivo, percepción y navegación. A continuación se describe el proceso denominado “*Generar perfil de contexto*”.

4.2.6 *Generar perfil de contexto*

El proceso generar perfil realiza consultas con respecto a (a) lugar de conexión: descripción física del lugar en el cual se encuentra el usuario (luminosidad, temperatura, ruido). (b) Nivel económico: información sobre el nivel económico del estudiante, lo cual influiría dada la tecnología necesaria a ser utilizada (estrato social, localidad, personas responsable). (c) Políticas y normas de discapacidad: estatutos, decretos y legalidad que rige para la implementación de estrategias con discapacitados (artículos, decretos, normas, documentos fundaciones). (d) Recurso: insumos existentes como por ejemplo, herramientas de comunicación. (e) Plataforma tecnológica: tipo de sistema operativo, tecnología de acceso (tipo de plataforma). (f) Factores biológicos: características y comportamiento del discapacitado en cuanto a la alimentación, problemas médicos (medicamentos, seguimiento alimentos, problemas médicos). El resultado del proceso es una consulta dinámica que define las características del contexto que afectan el proceso de aprendizaje en los estudiantes. (ver Figura 36).

La base de datos denominada “contexto”, se muestra en la Figura 37; está conformado por las tablas que almacenan el nivel económico denominada “*NivelEconomico*”; el lugar de conexión denominada “*LugarConexion*”; la plataforma tecnológica denominada “*PlataformaTec*”; la política o norma, denominada “*PoliticaNorma*”; el recurso, denominada “*Recurso*”; los factores biológicos que incluye medicamentos o alimentos especiales, denominada “*FactorBio*” y el dispositivo denominada “*Dispositivo*”.

La Figura 38 muestra el algoritmo que permite generar el perfil del contexto.

Como se puede observar las entradas al proceso está determinado por los datos de las entidades que conforman la base de datos denominada “*Contexto*”. Al ingresar el estudiante a la plataforma, se selecciona de las tablas “*NivelEconomico*”, “*LugarConexion*”, “*PlataformaTecnologica*”, “*PoliticaNorma*”, “*Recurso*”, “*FactorBiologico*”, “*Dispositivo*”.

Figura 37: Base de datos procesos “Generar Perfil Contexto”.

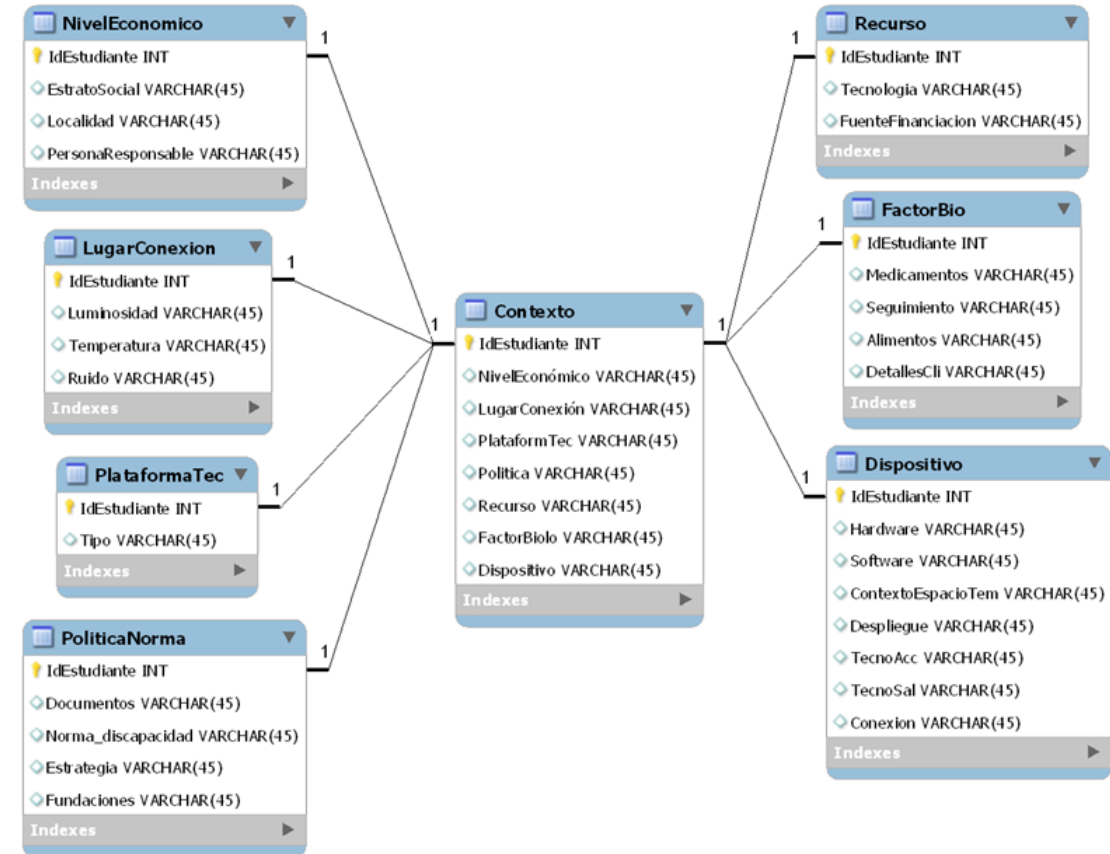


Figura 38: Algoritmo proceso “Generar Perfil del Contexto”.

Algorithm 1 Generar Perfil Contexto

Datos Entrada: IdDiscapacidad and tablas

Tabla1 ← *NivelEconomico*

Tabla2 ← *LugarConexion*

Tabla3 ← *PlataformaTecnologica*

Tabla4 ← *PoliticaNorma*

Tabla5 ← *Recurso*

Tabla6 ← *FactorBiologico*

Tabla7 ← *Dispositivo*

Resultado: Generar Perfil Contexto

Table15 ← *PerfilContexto*

ActualId ← *IdEstudiante*

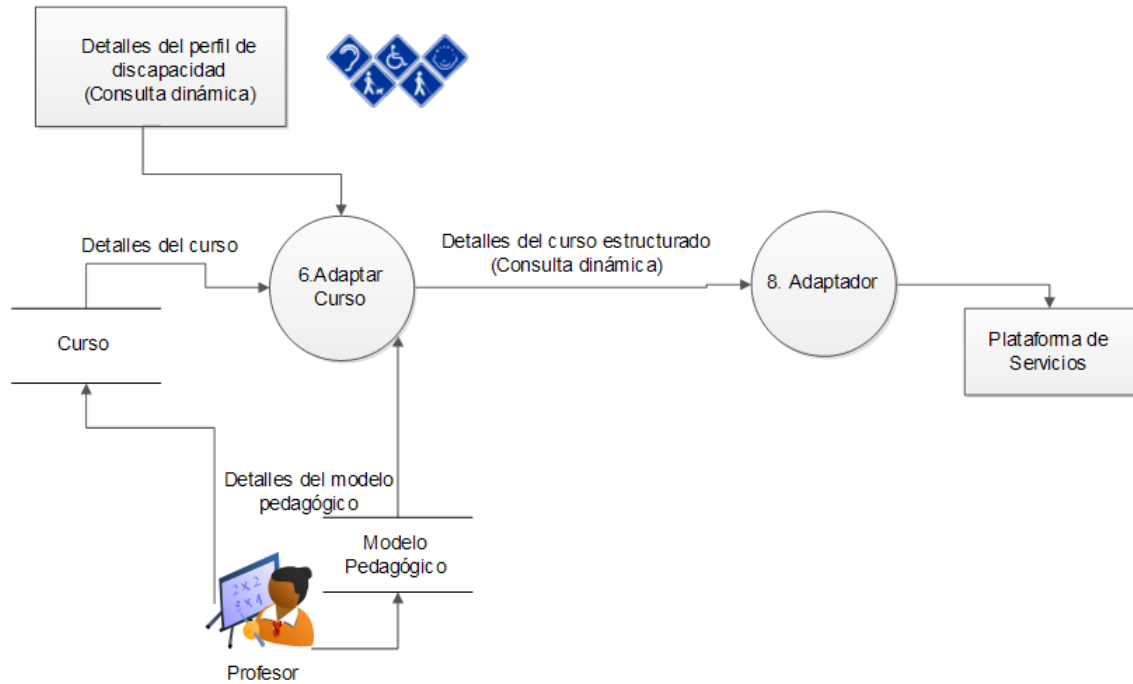
while (*ActualId* ≠ "") **do**

ExecuteSQL("Select * from *table1, table2, table3, tabla4, tabla5, tabla6*
where IdEstudiante = ActalId")

ExecuteSQL("insert into *Table14* values Nivel, Lugar, Plataforma, Polit-
ica, Recurso, Factor, Dispositivo")

end while

Figura 39: Diagrama en detalle Kamachiy-Mayistru.



vo”, La salida del algoritmo es el perfil de contexto, que contiene las características del entorno. A continuación se describe en detalle “Kamachiy-Mayistru”, que contiene en proceso *adaptar curso*.

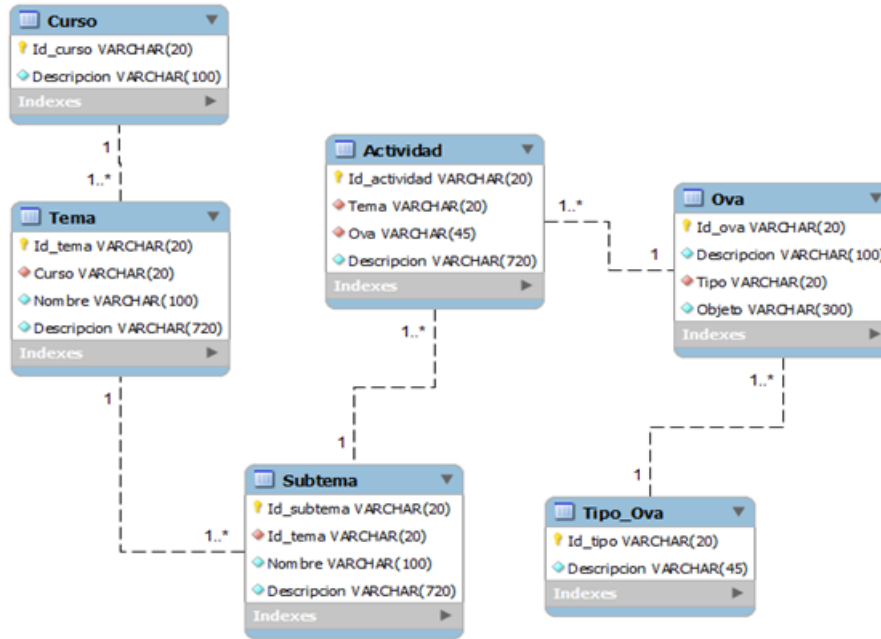
4.3 KAMACHIY-MAYISTRU

“Kamachiy-Mayistru” es un módulo adaptativo que se encuentra al interior de *Kamachiy-Idukay* de apoyo al profesor en su proceso de enseñanza a personas con dificultades en el aprendizaje. La Figura 39 muestra las entradas, salidas y componentes de “Kamachiy-Mayistru”. Como se puede observar, el módulo contiene un proceso denominado “Adaptar Curso”, que a su vez tiene como entradas el perfil de discapacidad, el perfil del estudiante, el del curso y el modelo pedagógico. La salida del proceso corresponde a una consulta dinámica con los datos de un curso estructurado teniendo en cuenta la discapacidad y/o dificultades.

La base de datos asociada a “Kamachiy-Mayistru” hacen referencia al del curso (ver Figura 40), en el cual se almacena la información relacionada con las temáticas, subtemáticas y actividades asociadas a un curso. Adicionalmente, se pueden observar los componentes de un curso sin estructurar, datos básicos que son alimentados por el profesor.

El principal objetivo de adaptar curso es sugerirle al docente el tipo de actividades que debe asociar en cada una de las temáticas de un curso, teniendo en cuenta la discapacidad y/o las dificultades en el aprendizaje del grupo de estudiantes. En un curso pueden encontrarse diversidad de dificultades asociadas a los aspectos de aprendizaje [94] [40], por lo tanto el docente deberá asociar actividades para diferentes niveles de dificultad, para lo cual el proceso adaptador curso debe incluir un algoritmo que permita

Figura 40: Base de datos denominada “Curso”.



clasificar en diferentes grupos los estudiantes con dificultades, con el fin de determinar un plan actividades en cada grupo encontrado. Para el caso de *Kamachiy-Mayistru* se seleccionó un algoritmo *k-means* dado su simplicidad y eficiencia en la agrupación de grandes cantidades de datos [143], [144], [145], [146]. La Figura 41 muestra en detalle los subprocesos de *Kamachiy-Mayistru* y se explican a continuación.

(a) *Determinar características del curso*: este proceso permite consultar las sugerencias del perfil de discapacidad, los detalles del modelo del curso (temáticas y sub-temáticas) y el modelo pedagógico. La salida del proceso son detalles generales del curso. (b) *Algoritmo de agrupamiento* [143]: en este proceso se ejecuta un algoritmo de *k-means clustering* con el fin de determinar grupos representativos entre los datos (discapacidad y/o dificultades en los aspectos de aprendizaje). Se selecciona este tipo de algoritmo por su asertividad en clasificación no supervisada de datos[143]. Existen una serie matrices que constituyen el fundamento para la implementación de este tipo de algoritmo, entre ellas: matriz de datos (datos obtenidos de los test que evalúa los aspectos, matriz de distancias, matriz de centroides, matriz de pertenencias. Para *Kamachiy-Mayistru* la

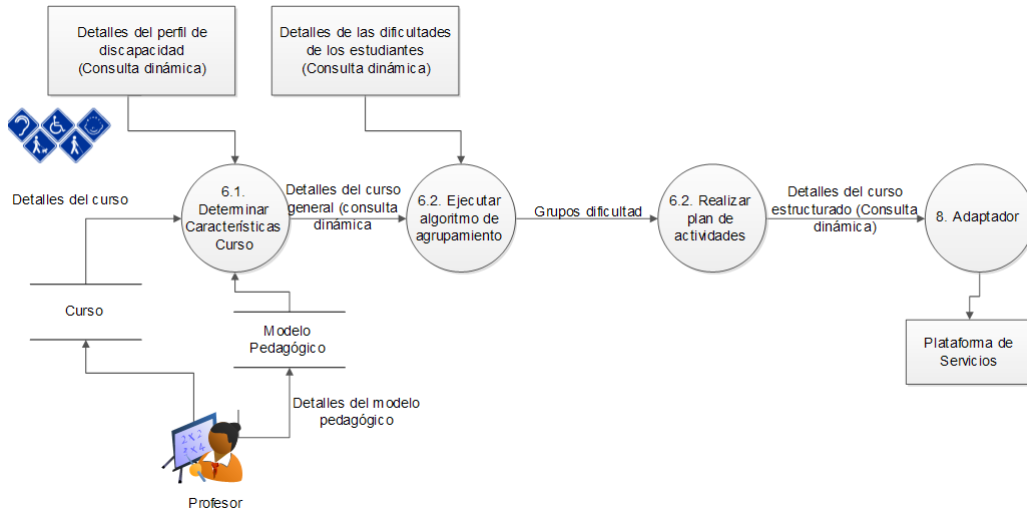
$$\text{matriz de datos se denomina: } X = \begin{matrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1N} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nN} \end{matrix}$$

Donde N es el número de estudiantes que se encuentran en un determinado curso; n es el aspecto de aprendizaje.

La matriz de distancias es donde se almacena la distancia de cada punto de la matriz de datos a cada centro de grupo o centroide, cuyo tamaño es cxN , siendo c el número

$$\text{de clústers o grupos. } D = \begin{matrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1N} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{c1} & d_{c2} & \dots & d_{cN} \end{matrix}$$

Figura 41: Sub-procesos en *Kamachiy-Mayistru* [142].



donde cada componente d_{ij} representa la distancia de la muestra j ($j=1:N$) al centroide i ($i=1:c$). El cálculo interactivo de los centroides se almacena en la matriz $v(nxc)$,

$$v = \begin{matrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1c} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2c} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{n1} & v_{n2} & \dots & v_{nc} \end{matrix}$$

donde n es el número de grupos, y c el número de grupos inicial que se asigna de forma aleatoria y luego se actualiza en cada una de las iteraciones realizadas.

Es importante tener en cuenta que para calcular la distancia entre la muestra y los centroides, se utiliza la distancia euclidiana [143], [144], [145], [146]. $d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (X_{kj} - v_{ki})^2}$.

La matriz de pertenencias define la pertenencia a uno u otro grupo de cada dato muestreado, en el caso de *Kamachiy-Mayistru* indica la pertenencia de los estudiantes

$$u = \begin{matrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1N} \\ u_{21} & u_{22} & \dots & u_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ u_{c1} & u_{c2} & \dots & u_{cN} \end{matrix}$$

El algoritmo consiste en el inicio en asignar a cada muestra de datos de forma aleatorio un grupo o clúster, luego se calculan las distancias de cada muestra reasignándolas al grupo, esto se realiza determinado número de iteraciones. Al finalizar se encuentra una agrupación o clasificación de las muestras. (c) *Realizar el plan de actividades*: una vez se han determinado la ubicación en los niveles del número de estudiantes, se realiza en plan de actividades en el intervalo comprendido entre cada uno de los centroides.

El algoritmo que describe los tres procesos que conforman *Kamachiy-Mayistru*, se muestra la Figura 42. El objetivo del proceso “*Adaptar Curso*” es sugerirle al profesor el modelo pedagógico y las actividades que más se ajustan a un estudiante con discapacidad y/o dificultades del aprendizaje. Las entradas del algoritmo están determinadas por los datos de las tablas (tabla 1-*Perfil de discapacidad*; tabla 2- *Sugerencias*; tabla 3- *Perfil del estudiante*). La salida del proceso hace referencia a los datos del curso estructurado. El algoritmo contiene cuatro procesos: el primero, denominado “*Determinar características del curso*”, realiza una consulta para saber las temáticas, sub temáticas,

Figura 42: Algoritmo del proceso "Adaptar Curso".

Algorithm 1 Adaptar Curso

Data Input: Tables
Table1 ← *PerfilDiscapacidad*
Table2 ← *Sugerencias*
Table3 ← *PerfilEstudiante*
Table4 ← *PerfilCurso*
Result: Generate EstructuraCurso
Table4 ← *CursoEstructurado*
ActualId ← *IdProfesor*
while (*ActualIdprofesor* ≠ "") **do**
 procedure PROCESO1-DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL CURSO
 IdEstudianteSeleccionado
 ExecuteSQL("Select *Table3* * where *ActualIdprofesor*=*IdCursoprofesor*")
 ExecuteSQL("Select *Table4* *Curso*, *Tematica*, *Actividades*, *Modelopedagogico* ")
 end procedure
end while

procedure PROCESO2- ALGORITMO DE AGRUPAMIENTO (K-MEANS)
 X ← Datos de los test aspectos de aprendizaje estudiantes
 Asignar grupos arbitrariamente a cada dato de *X*
 while (*criterioencontrado*) **do**
 calcular las distancias de cada muestra de *X* a los centroides
 calcular la nueva media de cada cluster
 end while
end procedure

procedure PROCESO3- REALIZAR PLAN DE ACTIVIDADES
 ExecuteSQL("insert into *Table4* values *Curso*, *Tematica*, *Actividades*, *ModeloSugerenciasl* teniendo en cuenta grupos(niveles bajo, medio y alto)")
end procedure

modelo pedagógico, sugerencias de una discapacidad y/o dificultad determinada. El segundo proceso, denominado "ejecutar algoritmo de agrupamiento" realiza un agrupamiento y clasificación de los estudiantes con el fin de realizar un plan de actividades ajustado a las necesidades particulares de los estudiantes. Por último en el proceso "realizar el plan de actividades", el profesor elige las actividades de acuerdo a la sugerencia de "Kamachiy-Mayistru". Por último, el proceso denominado "crear curso estructurado" permite al profesor adicionar las temáticas, sub temáticas y actividades teniendo en cuenta las características particulares del estudiante clasificados por grupos de dificultad, por cada uno de los aspectos (memoria, atención y lenguaje).

A continuación se muestra en detalle el proceso adaptador.

4.4 ADAPTADOR

En la sección 3.3.1 se explicaron los procesos asociados a “*Kamachiy-Idukay*”, no se explicó en detalle el proceso “*Adaptador*”, base del enriquecimiento con características de adaptación de los servicios educativos que ofrece la plataforma. En esta sección se explicará en detalle el proceso Adaptador.

4.4.1 Generalidades

La Figura 43 muestra los principales elementos del proceso *adaptador*. Las entradas de dicho proceso son: (a) los detalles del perfil del estudiante, consulta dinámica obtenida del proceso “*generar perfil del estudiante*”, (características generales del estudiante, la discapacidad/ dificultades si la posee, las preferencias con respecto al despliegue de la información, el estilo de aprendizaje, la información con respecto a los test en cada uno de los aspectos de aprendizaje (por ejemplo, memoria, atención y lenguaje)). (b) Los detalles del perfil de discapacidad, consulta dinámica generada del proceso “*generar perfil de discapacidad*” (características discapacidad y a las dificultades en el aprendizaje, las características principales, las sugerencias de actividades que se pueden mostrar a los estudiantes”. (c) Los detalles del curso estructurado, consulta dinámica resultado del proceso “*adaptar curso*” (estructura curso y el modelo pedagógico). (d) Los detalles del contexto. (e) los detalles del curso estructurado. La salida del proceso “*adaptador*” hace referencia a una consulta enriquecida, que requiere el generador de servicios educativos con el fin de ofrecer al estudiante.

Como se puede observar la cantidad de parámetros es elevada y requiere de un algoritmo para la toma de decisiones con el fin de establecer los parámetros de la consulta involucrando una técnica de priorización, un sistema de reglas y un algoritmo de agrupamiento, con el objetivo de determinar cuáles serán los aspectos de adaptación que se tendrán en cuenta en primera instancia para cada uno de los casos (por ejemplo, la discapacidad, los aspectos de aprendizaje, las preferencias y/o el estilo), con los cuales se realizará la adaptación al contenido y al despliegue de la información .

El algoritmo adaptador en su forma estructural (ver Figura 44), tuvo en cuenta un diseño basado en un algoritmo de priorización *AHP* [128], porque permite realizar una evaluación inicial de los parámetros con el fin de determinar tres escenarios de adaptación (*escenario X*: adaptación de contenido con actividades para mejorar el aspecto de memoria, lenguaje o interpretación). *Escenario Y*: adaptación de actividades teniendo en cuenta el mayor valor determinado por la preferencia y el estilo de aprendizaje. *Escenario Z*: adaptación en el contenido y el despliegue de la información con actividades en el formato adecuado teniendo en cuenta la discapacidad). La selección de cada uno de los escenarios se realiza a partir de un conjunto de reglas teniendo en cuenta la priorización dada por *AHP*. El algoritmo adaptador realiza como complemento al escenario X, dado los diferentes niveles de dificultad que pueden presentar los estudiantes en uno o más aspectos como el lenguaje, la memoria y la atención, se realiza una selección de las actividades en la adaptación al contenido y en el despliegue, teniendo en cuenta la pertenencia de cada uno de los estudiantes a grupos de dificultades, resultado de la agrupación que utiliza el algoritmo *k-means* y que fue descrita en la sección anterior

Figura 43: Elementos del proceso adaptador.

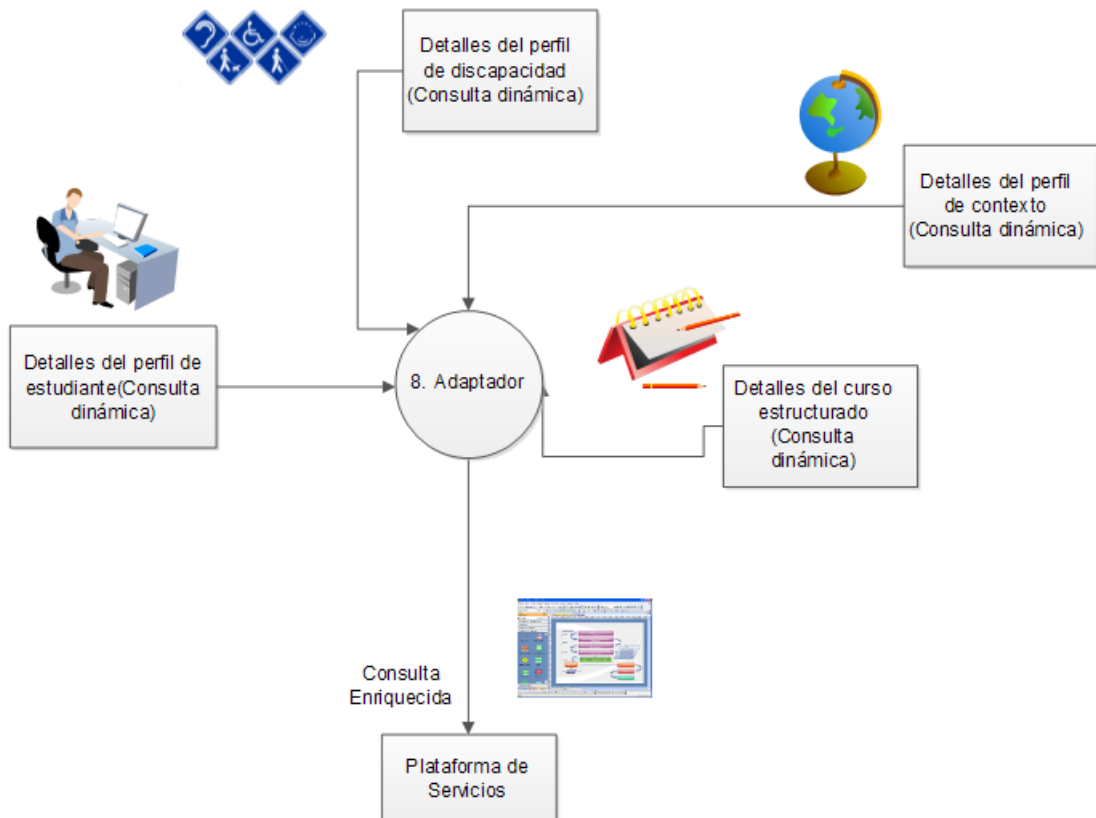
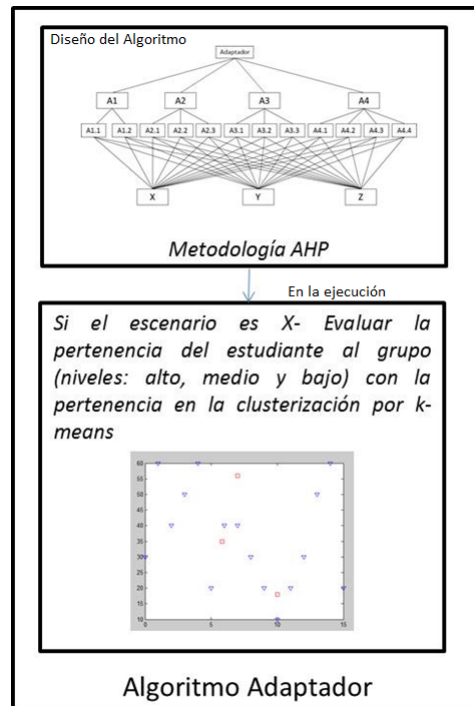


Figura 44: Componentes del proceso adaptador.



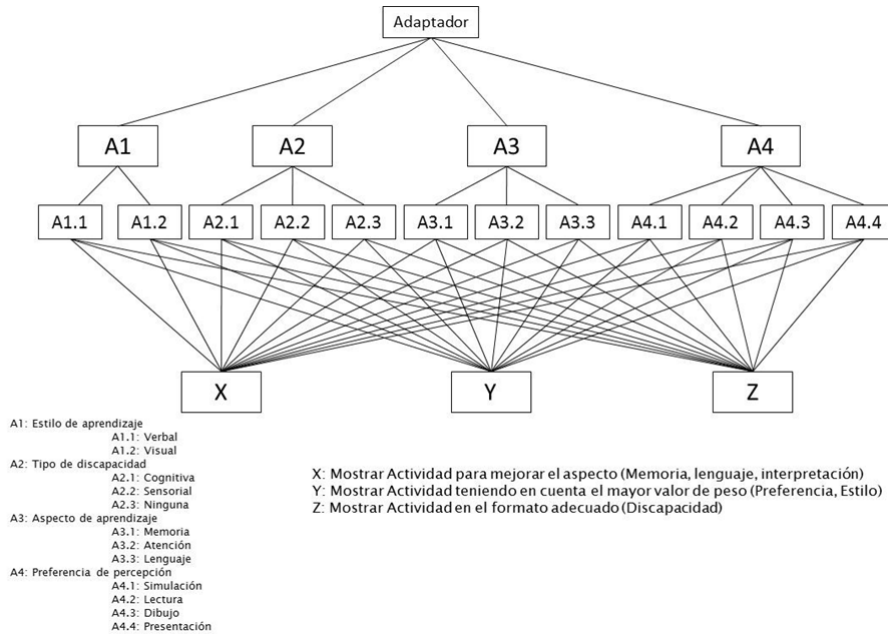
(Kamachiy-Mayistru). Lo anterior permite presentarle al estudiante de una forma más específica un plan de actividades ajustado a sus necesidades particulares.

A continuación se describen cada una de las partes del algoritmo adaptador

4.4.2 Aplicación de la metodología AHP en el diseño del algoritmo adaptador

El método AHP (*Analytical Hierarchy Process*) permite visualizar un problema complejo de una forma esquematizada. Para su mejor comprensión, este método fue desarrollado por el matemático Thomas L. Saaty [147] y consiste en formalizar la comprensión intuitiva de un problema multi-criterio complejo, mediante la construcción de un modelo jerárquico, que permite estructurar el problema de forma visual. Lo anterior facilita la división de una decisión compleja en un conjunto de decisiones simples, facilitando la comprensión y solución del problema propuesto. La importancia de este método se presenta al manejar variables cualitativas de forma cuantitativa; el fundamento del proceso de Saaty descansa en el hecho que permite dar valores numéricos a los juicios dados por expertos, logrando medir cómo contribuye cada elemento de una jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende [147]. El resultado final del AHP resulta en una clasificación de los aspectos establecidos en el sistema, indicando la preferencia general asociada a cada una de ellas, lo que permite determinar la mejor alternativa a recomendar [147]. Como se evidenció en el modelo de datos, el adaptador requiere de una técnica de priorización. El primer paso en la aplicación del método consiste en modelar el problema como una jerarquía [147]. La Figura 45 muestra la jerarquía.

Figura 45: Jerarquía del sistema.



En el vértice superior de la jerarquía se sitúa la meta (F); en el caso de la plataforma significa las actividades a sugerirle al estudiante. En el siguiente nivel en orden descendente se encuentran los criterios de decisión del algoritmo de adaptación así: A_1 : Estilo de aprendizaje ($A_{1.1}$: Verbal, $A_{1.2}$: Visual), A_2 : Tipo de discapacidad ($A_{2.1}$: Cognitiva, $A_{2.2}$: Sensorial, $A_{2.3}$: Ninguna). A_3 : Aspecto de aprendizaje: ($A_{3.1}$: Memoria, $A_{3.2}$: Atención, $A_{3.3}$: Lenguaje); A_4 : Preferencia de percepción ($A_{4.1}$: Simulación, $A_{4.2}$: Lectura, $A_{4.3}$: Dibujo, $A_{4.4}$: Presentación). Finalmente, en el último nivel de la jerarquía se sitúan las alternativas, que son el conjunto de posibles opciones definidas sobre las que la unidad decisora realiza una decisión. Escenario X: Adaptación de contenido con actividades para mejorar el aspecto de memoria, lenguaje o interpretación). Escenario Y: Adaptación de actividades teniendo en cuenta el mayor valor determinado por la preferencia y el estilo de aprendizaje. Escenario Z: Adaptación en el contenido y el despliegue de la información con actividades en el formato adecuado teniendo en cuenta la discapacidad.

El segundo paso consiste en establecer las prioridades W_j (pesos asociados) entre los criterios A_j (para $j = 1, 2, 3, 4$). La comparación se realiza por medio de una matriz M

Cuadro 19: Escala de valoración de Saaty [14].

Valor	Importancia / Preferencia	Significado
1	Igual o diferente a...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
3	Ligeramente más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo.

, y se busca encontrar un vector de prioridades $\vec{w} = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \end{pmatrix}$, por lo tanto se plantea la siguiente ecuación [144]:

$$\begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = \mu \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

La suma de los elementos para la matriz M para la fila i es $w_i \sum_{j=1}^n \frac{1}{w_j}$ y la suma de los elementos para la columna es $\frac{1}{w_j} \sum_{i=1}^n w_i = \frac{1}{w_j}$. por lo tanto, si se normalizan las columnas se tiene el valor de w . Para la construcción de la matriz se tienen en cuenta la escala de valoración de Saaty [143] que se presentan en el Cuadro 19.

La matriz M resultante al asignar la escala de valoración comparando cada una de las alternativas es:

Actividades	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/3	1/3	5
A2	3	1	9	9
A3	5	1/9	1	9
A4	1/5	1/9	1/9	1
Σ	9,2	1,55	10,3	24

Luego de la matriz se debe normalizar, esto es, dividir el valor de cada casilla de la matriz entre el total de la sumatoria, de la columna a la cual pertenece, por lo tanto se tiene:

Actividades	A1	A2	A3	A4
A1	1/9,2	(1/3)/1,55	(1/5)/10,311	5/24
A2	3/9,2	1/1,55	9/10,311	9/24
A3	5/9,2	(1/9)/1,55	1/10,311	9/24
A4	(1/5)/9,2	(1/9)/1,55	(1/9)/10,311	1/24

De la matriz normalizada se obtiene el vector de prioridades así:

Actividades	A1	A2	A3	A4	vector
A1	0,108	0,214	0,0193	0,208	w1
A2	0,33	0,64	0,87	0,38	w2
A3	0,54	0,07	0,10	0,38	w3
A4	0,02	0,07	0,01	0,04	w4

De la suma de las filas se obtiene el vector de prioridades para el primer nivel.

$$\vec{w} = \begin{pmatrix} 0.14 \\ 0.55 \\ 0.27 \\ 0.036 \end{pmatrix}$$

Lo anterior significa que el vector de pesos encontrado obedece a W1: Estilo de aprendizaje, W2: Tipo de discapacidad. W3: Aspecto de aprendizaje; W4: Preferencia de percepción. Como se puede observar, la prioridad en el proceso adaptador de "Kamachiy-Idukay" es por el tipo de discapacidad con un 55%, seguido de los aspectos de aprendizaje con un 27%, luego el estilo de aprendizaje y por último, la preferencia de selección de objetos virtuales de aprendizaje en la plataforma. Para el siguiente nivel de criterios se realiza el mismo procedimiento obteniendo los siguientes vectores de prioridad. W A1=[0.5; 0.5] W A2=[0.33; 0.33; 0.33] W A3=[0.33; 0.33; 0.33] W A4=[0.25; 0.25; 0.25; 0.25]

Para el siguiente nivel, los datos obtenidos son WA1 con un 50% para el estilo de aprendizaje verbal y un 50% para el estilo de aprendizaje visual). WA2 con un 33% para discapacidad cognitiva, un 33% para discapacidad sensorial y un 33% para Ninguna discapacidad. Para el vector WA3 con un porcentaje de 33% para el aspecto de aprendizaje de memoria, 33% para el aspecto de atención, y 33% para el aspecto de lenguaje). Por último, el vector WA4 con un 25% para la preferencia con simulación, 25% para la preferencia de lectura, 25% para preferencia por dibujos y por último, la preferencia con presentaciones.

En el último nivel se encuentra el vector de prioridades de las alternativas dando como resultado:

Aspecto A1.1 Vector para escenarios =[0.098; 0.729; 0.171]

Aspecto A1.1 – A1.2 Vector para escenarios =[0.098; 0.729; 0.171]

Aspecto A2.1 – A2.2 – A2.3 Vector para escenarios =[0.20; 0.39; 0.39]

Aspecto A3.1 –A3.2 –A3.3 Vector para escenarios =[0.76; 0.05; 0.17] Aspecto A4.1 – A4.2-A4.3- A4.4

Figure 46: Porcentaje de priorización - alternativas.

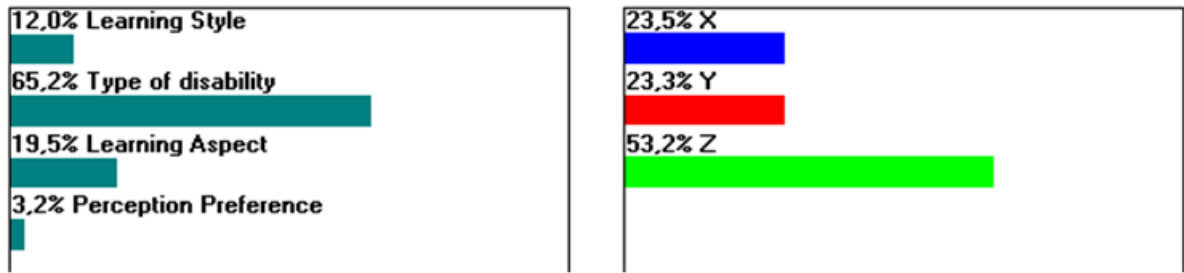
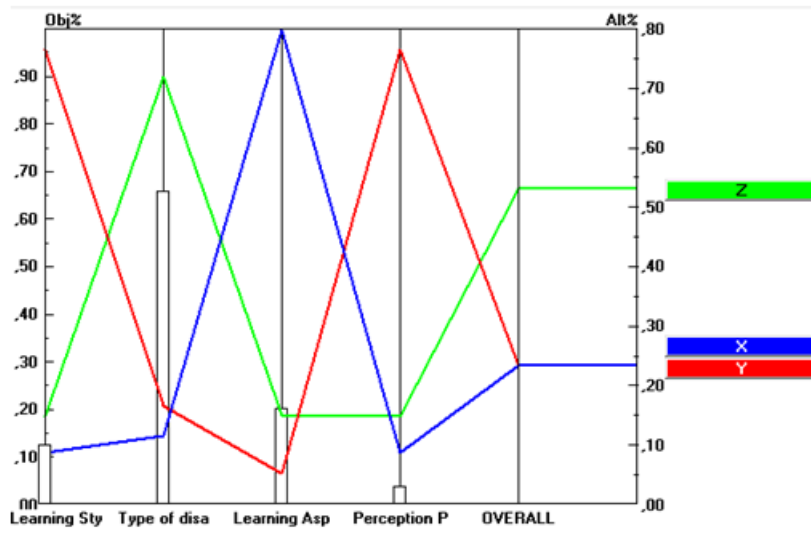


Figure 47: Análisis de sensibilidad.



Vector paraescenarios = [0.098; 0.729; 0.171]

La Figura 46 muestra los resultados simulados en el expertchoice (software de simulación del método AHP) [145]. Como se puede observar, la prioridad se da por la discapacidad; luego el aspecto de aprendizaje, el estilo de aprendizaje y por último, la preferencia de percepción. De igual forma se evidencia con mayor porcentaje de probabilidad un escenario ajustado al estudiante por Z: Adaptación al contenido y al despliegue de la información con actividades en el formato adecuado teniendo en cuenta la discapacidad; seguido con igual probabilidad X: Adaptación de contenido con actividades para mejorar el aspecto (i.e., memoria, lenguaje, interpretación). Y: Adaptación de actividades teniendo en cuenta el mayor valor determinado por la preferencia y el estilo de aprendizaje.

Con respecto al análisis de sensibilidad dinámico, la Figura 47 muestra la variación que indica los cambios de cada uno de los criterios de decisión (estilo de aprendizaje, tipo de discapacidad, aspecto de aprendizaje y preferencia). La altura de las gráficas situadas sobre cada criterio indica la importancia relativa de los criterios, siendo por ejemplo de relevancia el escenario Z: Adaptación al contenido y al despliegue de la información con actividades en el formato adecuado teniendo en cuenta la discapacidad.

4.4.3 Descripción del algoritmo

Una vez se han encontrado los pesos y se han establecido las prioridades, se desarrolla el algoritmo de adaptación que se observa en la Figura 48. Las entradas del algoritmo son: (a) el test realizado al estudiante en el que se determinan las posibles dificultades en aspectos como memoria, atención y lenguaje. (b) Las preferencias del estudiante. (c) el estilo de aprendizaje. (d) Si el estudiante tiene o no algún tipo de discapacidad. Cuando el estudiante ha ingresado a la plataforma, el algoritmo prioriza primero por discapacidad (valor obtenido del *AHP*), luego se verifican los puntajes obtenidos por el estudiante en memoria, atención y lenguaje. Si el estudiante no tiene problemas en los aspectos de aprendizaje, el escenario que se muestra y/o la adaptación en el despliegue de la información que se realiza es teniendo en cuenta la discapacidad escenario z. Si por el contrario, el estudiante tiene algún problema en un aspecto, se verifica con el algoritmo *k-means*, el grado de pertenencia a cada grupo, con el fin de seleccionar el plan de actividades que se ajusta a cada una de las dificultades en las cuales tiene problema. Si el estudiante no tiene ningún aspecto de aprendizaje afectado y tiene información de su estilo de aprendizaje y/o preferencia, el algoritmo adapta el escenario que más conviene para el estilo (verbal o visual) o para la preferencia (formato de despliegue) que tenga el estudiante, escenario y.

La Figura 49 muestra el diagrama de estados, que permite visualizar el funcionamiento del algoritmo adaptador para todos los casos que se pueden presentar en *kamachiy-Idukay*.

Como se pudo observar, el algoritmo adaptador permite priorizar y tomar decisiones con respecto a la diversidad de variables (estilo de aprendizaje, preferencias, discapacidad y dificultades en aspectos (memoria, atención y lenguaje), teniendo en cuenta diferentes niveles). Variables derivadas del modelo de adaptación que integra un perfil de estudiante y de discapacidad.

El algoritmo *k-means* es utilizado para dar solución a la problemática planteada dada la asertividad en la clasificación no supervisada de datos [143] y la asignación inicial del número de grupos, lo que facilita su utilización con pocas cantidades de agrupamiento. No se seleccionó una técnica difusa, ni de agrupamiento basada en redes neuronales, dado que no se contaba con suficiente información del comportamiento en aspectos de aprendizaje de los estudiantes (memoria, atención y lenguaje) que permitiera determinar las funciones matemáticas a utilizar.

El algoritmo *AHP*[128] se utilizó en la selección de prioridades para realizar la adaptación porque permite comparación de pares (aspectos) permitiendo definir de forma clara las subjetividades que se puedan presentar entre las variables a priorizar a diferencia de otros métodos como los árboles de decisión que requiere datos de comportamiento y probabilidades de las variables para establecer las comparaciones y toma de decisiones [171].

Las contribuciones descritas permitieron dar cumplimiento al segundo objetivo: “Definir un modelo de adaptación que incluya: (a) el modelo de estudiante; (b) el modelo de dominio; (c) el modelo contextual; (d) el modelo de discapacidad.” Adicionalmente se dio cumplimiento al tercer objetivo: “Desarrollar el modelo de diseño del sistema adaptativo que incluya los componentes antes mencionados con el fin de proveer servicios a estudiantes con o sin discapacidad.”

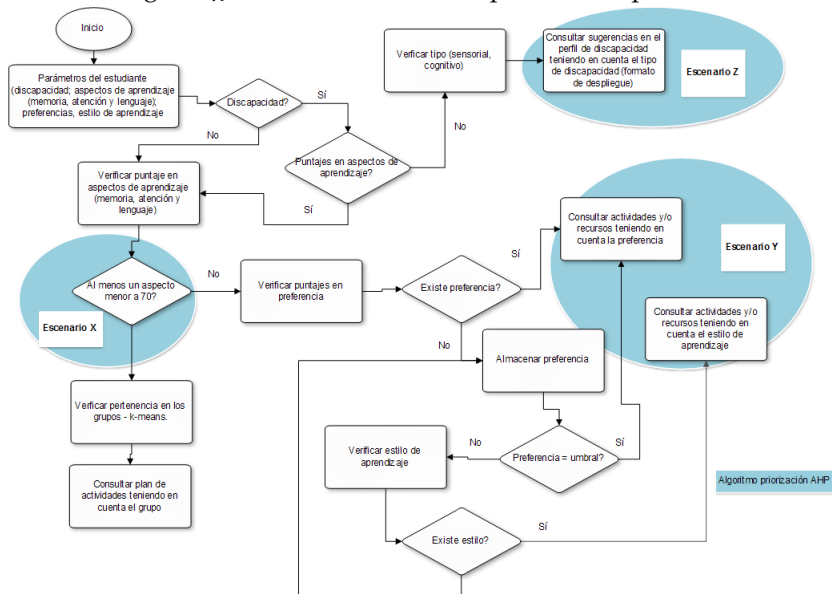
Figure 48: Algoritmo adaptador.

Algorithm 1 Adaptador

Datos Entrada: IdEstudiante, NombreEstudiante
 Tabla1 \leftarrow TestEstudiante, Tabla2 \leftarrow PreferenciaPercepcion
 Tabla3 \leftarrow EstiloAprendizaje, Tabla4 \leftarrow SugerenciaDiscapacidad
 Result: Actividades Sugeridas
 Tabla5 \leftarrow PerfilEstudiante, Tabla6 \leftarrow Actividades
 Tabla7 \leftarrow PerfilDiscapacidad, Tabla8 \leftarrow SugerenciaDetallada
 ActualId \leftarrow IdStudent Estudiante Actual

while (ActualId \neq "") **do**
 IdEstudiante \leftarrow ExecuteSQL("Select * from estudiante
 where IdStudent=ActualId")
if Discapacidad \neq "Ninguna" or Discapacidad \neq DiscaEstudiante **then**
 ExecuteSQL("select * from PerfilEstudiante values
 AspectoLenguaje, AspectoAtención, AspectoMemoria")
if Existepuntajesenaspectos **then**
 Contamenor \leftarrow AspectosMenoresde70
if contamenor > 1 **then**
procedure ALGORITMO DE AGRUPAMIENTO (K-MEANS)
 X \leftarrow Datos de los test aspectos de aprendizaje estudiantes
 Asignar grupos arbitrariamente a cada dato de X
while (criterioescontrado) **do**
 calcular distancias de C/Muestra de X a los centroides
 calcular la nueva media de cada cluster
end while
 U[ActualId]=(pertenencia Grupo c1,c2...)
end procedure
 ExecuteSQL("Select Table8 where
 (Aspectovalorinicial, Aspectovalorfinal)=U[ActualId]")
else
 ExecuteSQL("Select Table2 where
 (IdEstudiante=ActualId))
if Preferencia \neq "Ninguna" **then**
 ExecuteSQL("Select Table6 where
 Sugerencia=Tabla2.TipoOva")
else
 proceso "verificar comportamiento"
end if
 ExecuteSQL("Select Table6 where
 (IdEstudiante=ActualId))
if Estilo \neq "Ninguno" **then**
 ExecuteSQL("Select Table6 where
 Sugerencia=Tabla2.EstiloAprendizaje")
else
 llamar algoritmo "verificar comportamiento"
end if
end if
else
 ExecuteSQL("Select Table7 where
 IdDiscapacidad=Discapacidad")
 ExecuteSQL("Select Table4 where
 IdDiscapacidad=Discapacidad")
end if
end if
end while

Figure 49: Funcionamiento del proceso adaptador.



Parte IV

VALIDACIÓN Y RESULTADOS

IMPLEMENTACIÓN

Una vez se ha diseñado la plataforma que permite apreciar la funcionalidad del modelo de adaptación, fue necesario realizar la implementación de un prototipo. Para Sommerville [150], un prototipo es una versión inicial del sistema de información, que se utiliza para comprobar modelos conceptuales y de diseño. Un sistema implementado a través de un prototipo permite mostrar la viabilidad y utilización de una aplicación. La Figura 50 muestra el modelo de procesos que se tuvo en cuenta para el desarrollo del prototipo, adaptado de lo sugerido en Sommerville [150].

Teniendo en cuenta el modelo de procesos se realiza la implementación del prototipo siguiendo cada una de las siguientes fases:

5.1 OBJETIVOS DEL PROTOTIPO

El objetivo principal de construir un prototipo es validar el modelo de adaptación (*ALS*), el proceso de adaptar curso y el adaptador descritos en el capítulo 3, implementando una selección de servicios educativos para el profesor como crear test y curso; servicios educativos para el estudiante como ejecutar test y consultar curso. Al realizar la validación por medio del prototipo se verificará la funcionalidad del algoritmo de priorización y el comportamiento del sistema ante conflictos y manejo de la información.

5.2 DESCRIPCIÓN SERVICIOS A IMPLEMENTAR

Los servicios diseñados en la plataforma se observan en la Figura 51, los cuales fueron descritos en el capítulo 3. Para la implementación del prototipo se seleccionaron servicios educativos teniendo en cuenta el docente y el estudiante: (a) los servicios orientados al docente son: crear curso; asociar temáticas y subtemáticas; presentar contenido (buscar y asociar *OVA* a las temáticas y sub temáticas). Ingresar test. (b) Los servicios orientados al estudiante son: realizar test; consultar curso (consultar temática; consultar subtemática; consultar actividades).

Figura 50: Modelo de procesos – Prototipo [150].

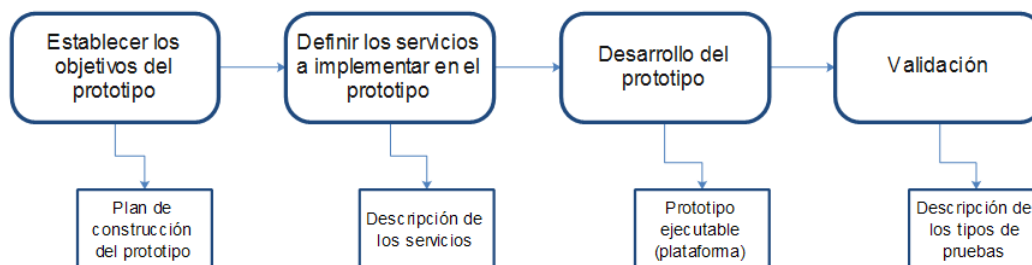


Figura 51: Servicios implementados prototipo *kamachiy-idukay*.

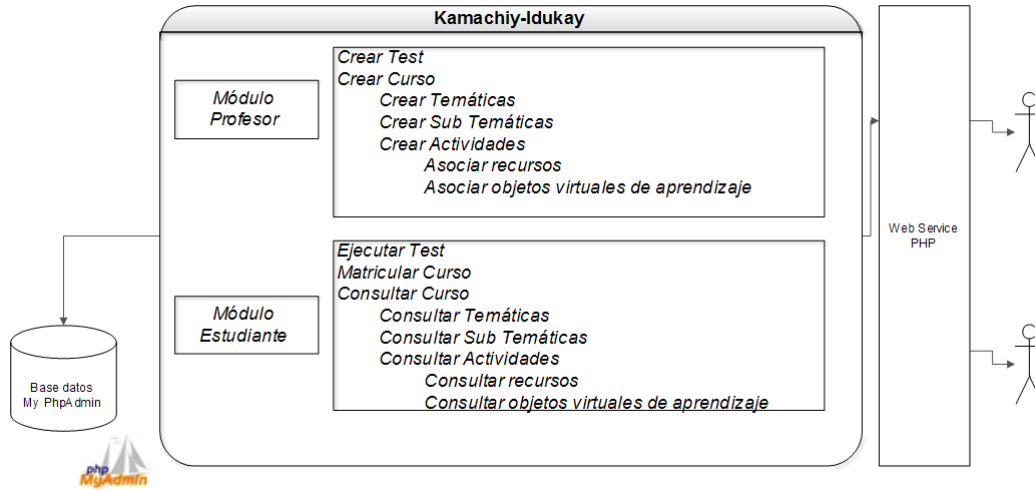
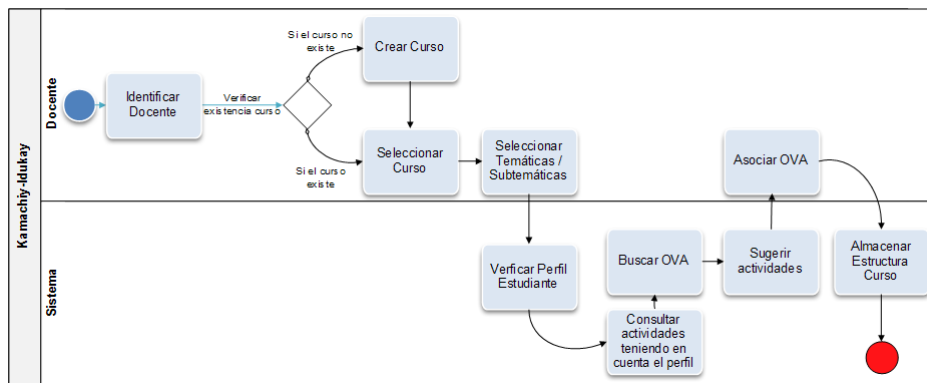


Figura 52: Servicios orientado al docente.



A continuación se describe en detalle cada uno de los servicios implementados.

5.2.1 Servicios implementados orientados al docente

Para describir la implementación de los servicios orientados al docente, se realizó un diagrama *BPMN* (*Business Process Modeling Notation*); como se observa en la Figura 52, el docente ingresa a la plataforma y verifica la creación del curso. Si el curso no está creado, se ingresan los datos. Si el curso existe, el docente crea las temáticas y sub temáticas. El sistema realiza la verificación de los perfiles de estudiantes que tiene asociados al curso con el fin de realizar una consulta (filtro) de las actividades que se le sugieren al docente, teniendo en cuenta la discapacidad y/o dificultades de los estudiantes. El sistema busca los objetos virtuales de aprendizaje asociados a las actividades y realiza la sugerencia al docente; el docente asocia el *OVA* a la sub temática y se almacena en la estructura del curso. En la aplicación de estos servicios, se puede verificar el funcionamiento de “*kamachiy- mayistru*” y el proceso adaptar curso.

La Figura 53 muestra el servicio del sistema que permite ingresar un *test* al docente “*crear test*”, en el servicio se puede configurar el *test* preguntas y categorías. Como se

Figura 53: Servicio orientado al docente (crear test).

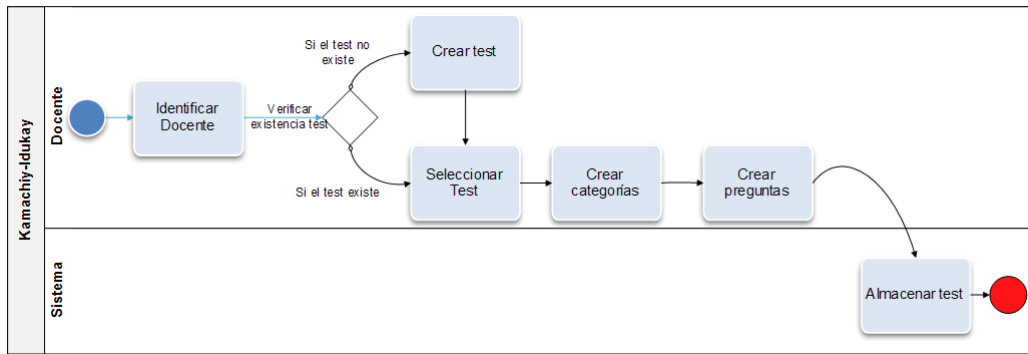
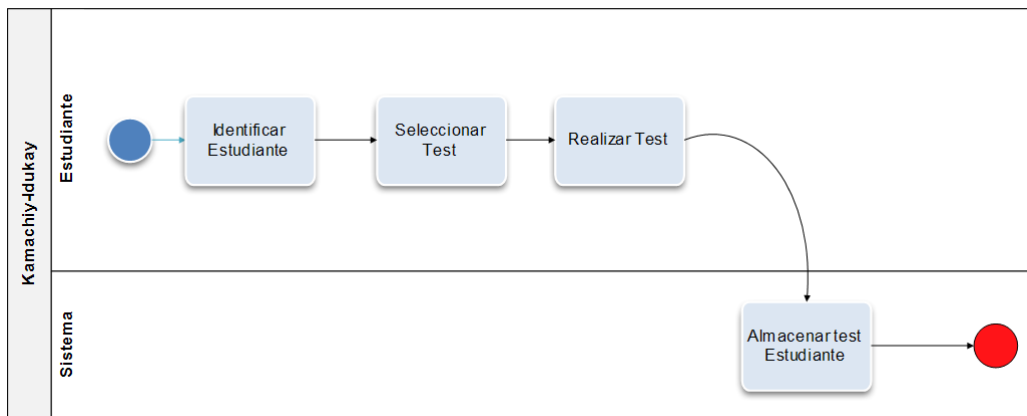


Figura 54: Servicio orientado al docente (ejecutar test).



observa al identificarse el docente, si el test no existe, el sistema le permitirá crearlo. Si existe, el docente lo selecciona, y el sistema le permitirá crear las categorías, preguntas y almacenar el *test*.

De igual forma fue necesario implementar en el prototipo, los servicios orientados al estudiante que permitieran comprobar el modelo y los principales procesos de “*kamachiy-Idukay*”. A continuación se describen los servicios orientados al estudiante denominados “*consultar test*” y “*consultar curso*”.

5.2.2 Servicios implementados orientados al estudiante

La Figura 54 muestra el servicio implementado en “*kamachiy-Idukay*” que le permite al estudiante ejecutar los test. Cuando el estudiante ingresa a la plataforma, selecciona el test a realizar, contestando las preguntas, para luego ser almacenadas en la base de datos de el sistema.

La Figura 55 muestra la implementación del servicio “*consultar curso*” en el escenario X, cuando el sistema cuenta con información de desempeño en los *test* en los aspectos (memoria, atención y lenguaje), el estudiante al ingresar a la plataforma debe identificarse, el sistema le indicará los cursos en los cuales está matriculado, el estudiante selecciona el curso, la temática y la sub temática; en ese momento el sistema ejecuta el algoritmo adaptador con el fin de determinar los parámetros de la consulta que en-

Figura 55: Servicio orientado al estudiante (escenario X).

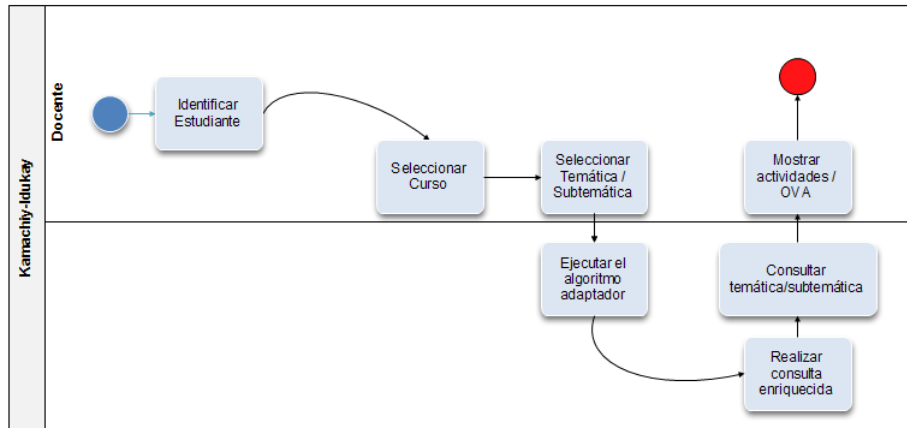
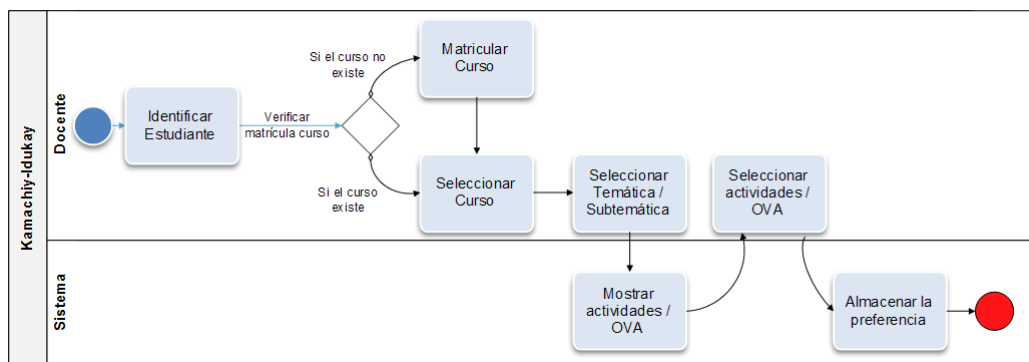


Figura 56: Servicio orientado al estudiante (escenario Y)

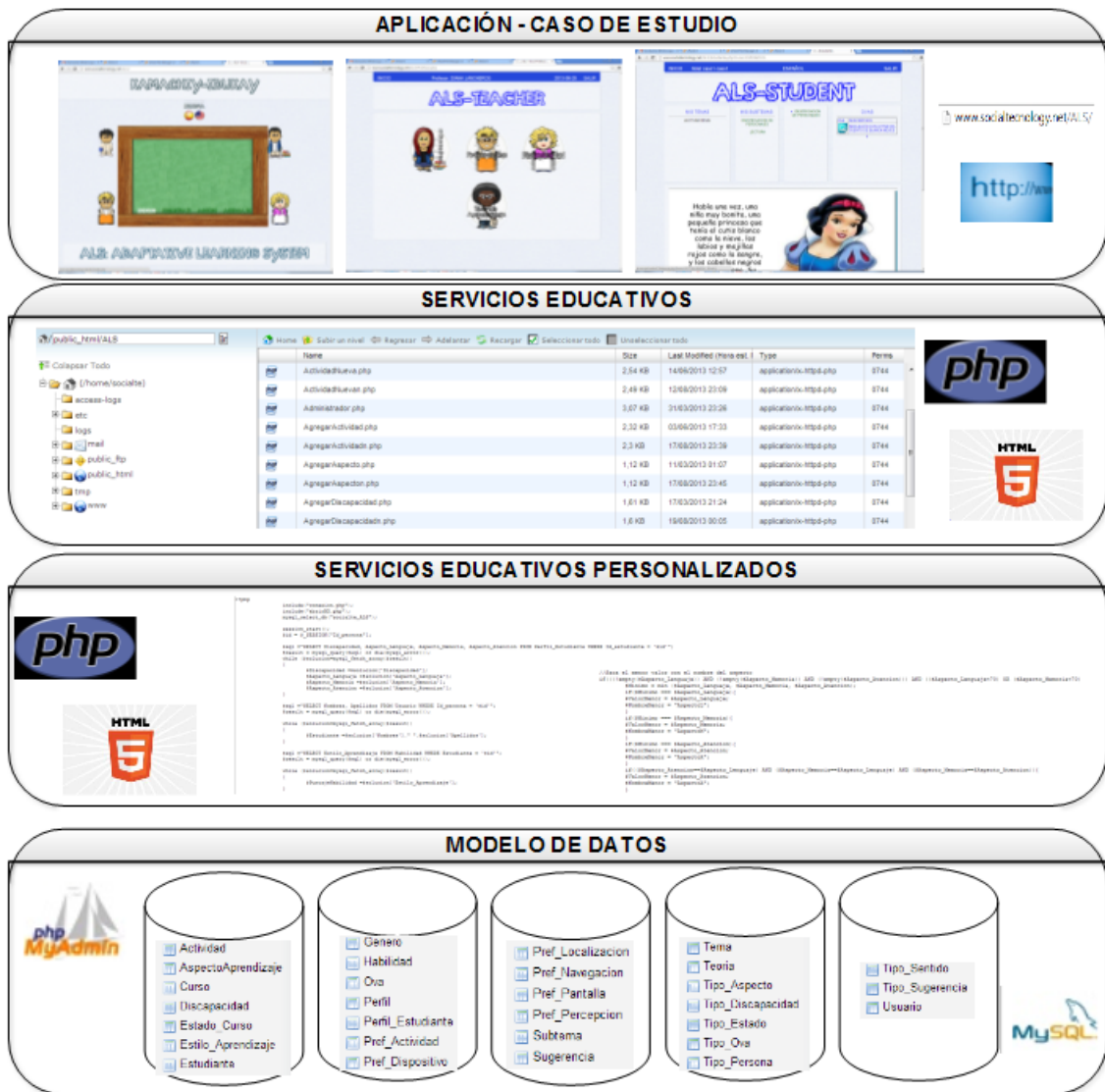


riquece el servicio educativo de consultar la temática, mostrándole al estudiante las actividades que contienen recursos u *OVA* ajustados a sus necesidades particulares. Con este servicio se validó el proceso adaptador.

La Figura 56 muestra la implementación del servicio “consultar curso” en el escenario Y, cuando no se tiene información de desempeño en los aspectos de aprendizaje. El estudiante se identifica en el sistema: si está registrado, el sistema le mostrará los cursos; sino, el sistema le guiará en el registro. Al seleccionar el curso, la temática y la subtemática, el sistema le mostrará las actividades que tienen asociados recursos u *OVA* para que el estudiante seleccione el recurso según su preferencia de percepción. El sistema almacena en cada sección dicha preferencia; después de alcanzar el máximo de preferencias, el sistema le mostrará las actividades en el formato de su preferencia. Con este servicio se validó el proceso “verificar comportamiento”.

Una vez definido los servicios del prototipo se realiza la implementación de una plataforma que ofrece servicios educativos genéricos y utiliza los procesos y algoritmos de “Kamachiy-Idukay”. A continuación se explican detalles de la implementación. Se debe tener en cuenta que no se implementa el proceso con respecto al contexto del modelo de adaptación.

Figura 57: Arquitectura de implementación prototipo.



5.3 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

El prototipo implementado es una plataforma de servicios educativos personalizados (“Kamachiy-Idukay”) para el estudiante y servicios educativos (“Kamachiy-Mayistru”) para el profesor, que se relaciona con ALS (modelo adaptativo de aprendizaje). La Figura 57 muestra la arquitectura de implementación así como los lenguajes de desarrollo.

Como se puede observar, en la primera capa del sistema se encuentra la base de datos. Para ello, se diseñó e implementó una base de datos en Mysql server implementada en Myphpadmin. En la siguiente capa se encuentran los servicios educativos personalizados, los cuales fueron implementados en php. Allí se encuentran los algoritmos de los procesos de “Kamachiy-Idukay” descritos en el capítulo 3. La capa 3 muestra los servicios educativos genéricos implementados en un web service con php con acceso por el link www.socialtecnology.net/ALS/.

5.4 DESCRIPCIÓN DE INTERFACES

El prototipo implementado contiene dos grandes módulos: el de profesor y el del estudiante. El Cuadro 20 muestra las interfaces diseñadas y su función en cada módulo.

5.5 SÍNTESIS

El prototipo diseñado permitió implementar el modelo conceptual de “*Kamachiy-Idukay*” y “*Kamachiy-Mayistru*”. En el transcurso de su desarrollo se encontraron los siguientes inconvenientes, los cuales permitieron refinar los algoritmos:

1. Al implementar el algoritmo adaptador sin tener en cuenta el método de priorización se detectó que era necesario priorizar y seleccionar aquellos parámetros que fueran relevantes en cada uno de los casos, para lo cual se utilizó la metodología *ahp* [127], adicional fué necesario un algoritmo de agrupamiento *k-means* que facilitó la toma de decisiones dando prioridad a la discapacidad, seguida de las dificultades en los aspectos de aprendizaje y por último, las preferencias y el estilo del estudiante.
2. Fue necesaria la implementación del lenguaje *FSQL* (*Fuzzy SQL*), extensión del lenguaje *SQL* que permite escribir las condiciones flexibles a las consultas para filtrar por ejemplo, todas las actividades que tuviesen fragmentos de la palabra sordo, sordomudo, sordera, etc., y no restringir las sugerencias que los expertos y docentes hacen a las discapacidades o dificultades.
3. La integración del modelo de datos, el modelo de dominio en la plataforma de servicios educativos con el fin de prestar servicios personalizados a los docentes y estudiantes se llevó a cabo a través de la programación en php y diseñando una base de datos relacional que cumplió con las exigencias del modelo conceptual explicado en el capítulo anterior. Al finalizar la implementación del algoritmo se realiza la validación. A continuación se explica en detalle.

Cuadro 20: Interfaces prototipo.

<p>Permite el registro en la plataforma de docentes y estudiantes. Usuario: Docente /Estudiante</p>	<p>Permite acceder al docente y estudiante con un nombre de usuario y una contraseña. Usuario: Docente /Estudiante</p>
<p>Permite acceder a las opciones del docente. Usuario: Docente</p>	<p>Permite la creación de cursos. Usuario: Docente</p>
<p>Permite la creación de temas y sub temas asociados a cursos. Usuario: Docente</p>	<p>Permite la creación de actividades, asociando recursos y OVA. Usuario: Docente</p>
<p>Opciones que el docente puede realizar con respecto a las preferencias del estudiante. Usuario: Docente</p>	<p>Interfaz que permite adicionar discapacidades al sistema. Usuario: Docente</p>
<p>Permite la creación de sugerencias cuando un estudiante puede llegar a tener varias dificultades en los aspectos de memoria, atención y lenguaje. Cuando el algoritmo de priorización detecta que hay varios aspectos de aprendizaje con dificultad, consulta las sugerencias establecidas por el experto teniendo en cuenta las agrupaciones realizadas por <i>k-means</i>. Usuario: Docente</p>	<p>Permite la creación de estilos de aprendizaje asociados al estudiante. Usuario: Docente</p>
<p>Esta interfaz le permite al estudiante seleccionar el curso en los cuales se encuentra matriculado, o matricularse en uno de su elección. Usuario: estudiante</p>	<p>Esta interfaz permite la alimentación de resultados de los test realizados a cada uno de los estudiantes. Usuario: Docente</p>

El presente capítulo describe la validación de las contribuciones, mencionando el plan de pruebas, los criterios de validación y los resultados obtenidos.

6.1 INTRODUCCIÓN

Con el fin de validar el modelo y las plataformas diseñadas, era necesario la definición de escenarios en donde se tuvieran estudiantes con al menos las siguientes características: (discapacidad sensorial, discapacidad cognitiva, sin discapacidad y sin dificultad y al menos una o combinación de dificultades en el aprendizaje. Teniendo en cuenta lo anterior, la validación del modelo de adaptación y la plataforma de servicios se llevó a cabo en tres momentos. El primero permitió la validación en un escenario de prueba con 12 estudiantes sordos en una institución de Bogotá con una versión del prototipo que validaba una primera versión del modelo en un curso donde habían estudiantes sin discapacidad y con discapacidad sensorial (sordos); el segundo escenario de prueba se llevó a cabo con 109 estudiantes del *Colegio Distrital el Jazmín*. Allí se refinó el modelo y se probó la versión final del algoritmo en cursos donde había estudiantes sin/con discapacidad y adicional con dificultades en aspectos de aprendizaje. Un tercer momento permitió realizar una indagación a docentes y expertos, acerca del sistema, en términos de usabilidad, funcionalidad e impacto (ver Figura 58). A continuación se explica cada uno de los momentos en detalle.

6.2 PLAN DE PRUEBAS

Con el fin de validar cada uno de los modelos, procesos y algoritmos descritos en el capítulo 3, se realizó un plan de pruebas teniendo en cuenta la metodología expuesta por Somerville [150] y el performance *Testing Guidance for web applications* [165]. Esta metodología describe por etapas cada una de las fases necesarias para validar modelos computacionales (Ver Figura 59). A continuación se describe cada una de las fases.

6.2.1 Fase 1: Identificación del entorno de prueba

Con el fin de validar la aplicación y cumplir con los objetivos propuestos fue necesario identificar tres entornos de prueba:

(a) El primer entorno permitió comprobar la funcionalidad del sistema para estudiantes con discapacidad sensorial, para lo cual se seleccionó un escenario que tuviera estudiantes sordos y oyentes. En este tipo de validación se realizaron pruebas al sistema en su primera versión del perfil de discapacidad (ver Figura 60). Las pruebas se realizaron en un curso de electrónica básica que se imparte a estudiantes de décimo grado de un colegio al sur de Bogotá. El objetivo de la prueba en el escenario era verificar el comportamiento de los estudiantes con respecto a las preferencias que tenían

Figura 58: Componentes de la validación del sistema.



Figura 59: Plan de pruebas.

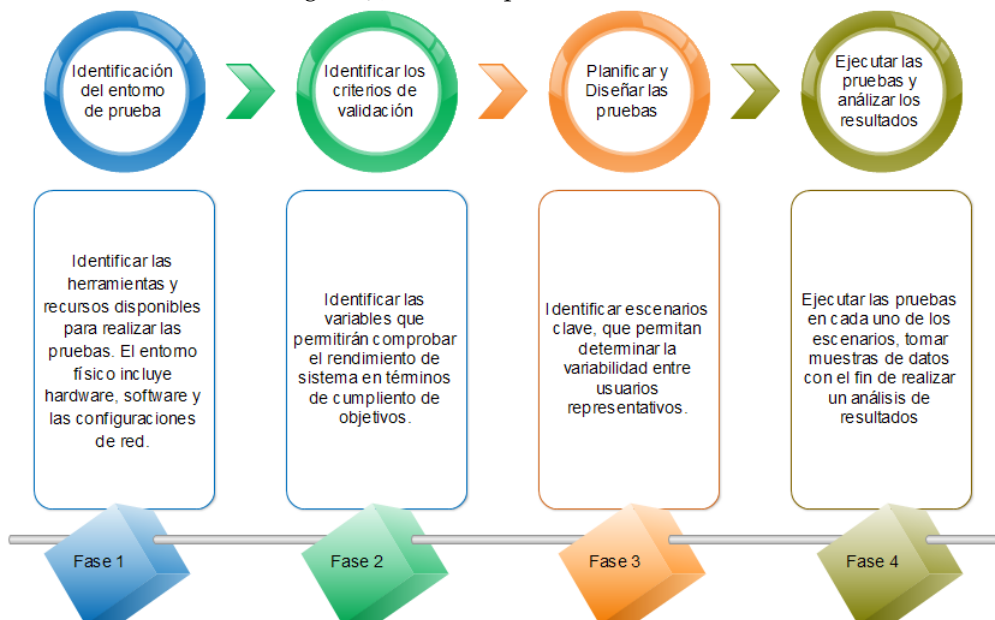
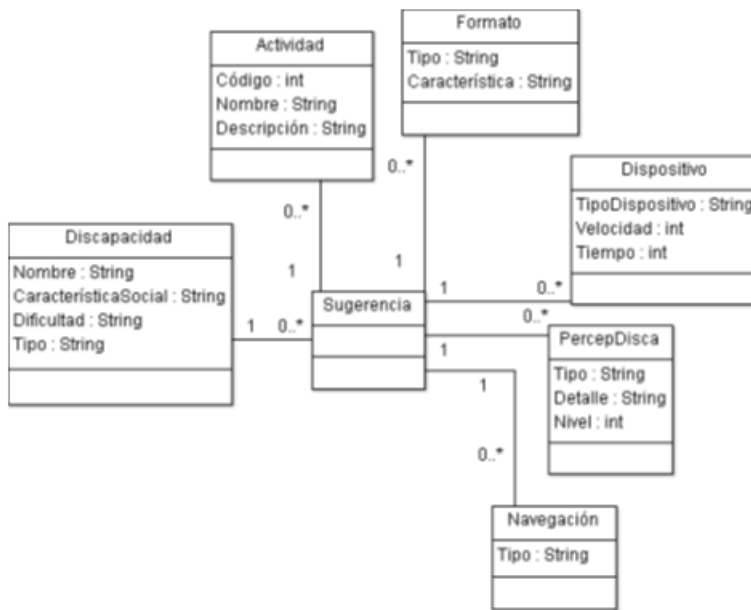


Figura 60: Versión 1 del perfil de discapacidad.



los estudiantes sordos y las sugerencias que el sistema daba teniendo en cuenta la discapacidad. En ese momento, el perfil de discapacidad no contemplaba las dificultades en aspectos de aprendizaje (memoria, atención y lenguaje).

(b) Se definió un segundo entorno con el fin de comprobar la funcionalidad del sistema en estudiantes con dificultades en el aprendizaje y con discapacidad cognitiva. Se realizaron validaciones en el colegio distrital el Jazmín de Bogotá. Allí se diseñaron y realizaron los test que permitieron hacer un diagnóstico de discapacidad y las dificultades en aspectos de memoria, atención y lenguaje. En este escenario se comprobó la adaptación en el despliegue de la información y de contenido de la versión 2 del perfil de discapacidad que incluía los aspectos de aprendizaje. (ver Figura 61)

(c) Con el fin de evaluar la usabilidad, funcionalidad e impacto del sistema en docentes y expertos se realizó una encuesta a varias personas relacionadas con el sistema (docentes, intérprete, fonoaudióloga, mamás de niños con asperger).

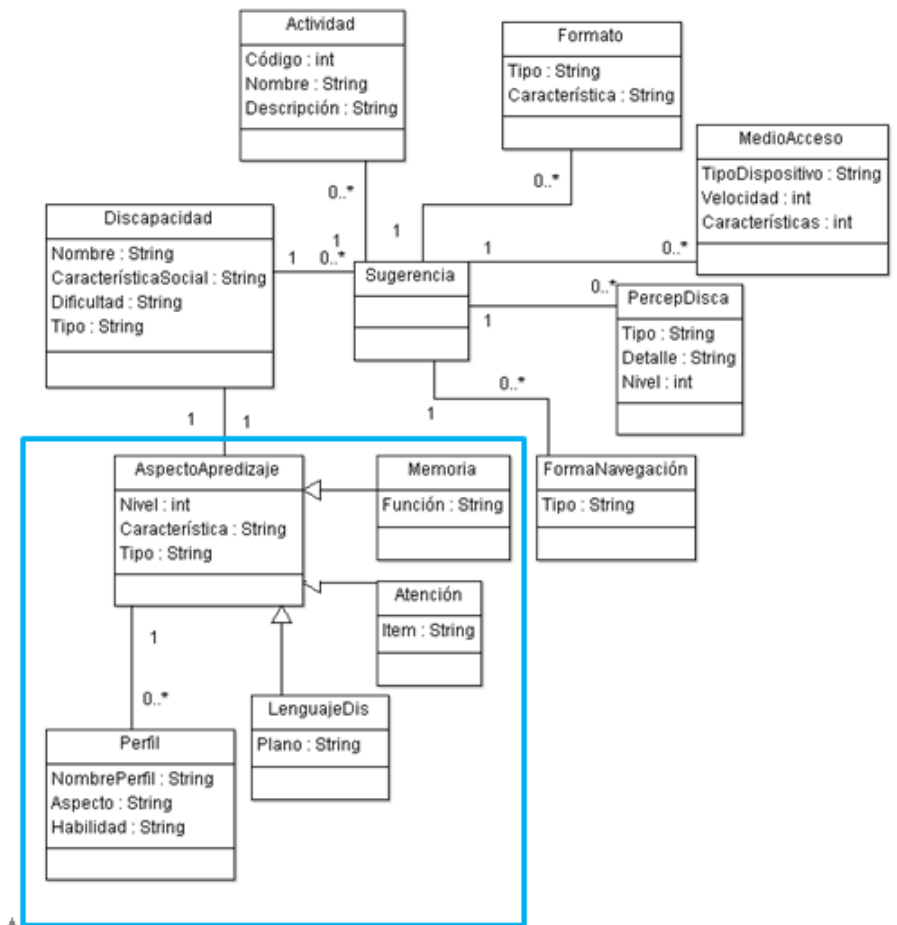
6.2.2 Fase 2: Identificación de los criterios de validación

Con el fin de evaluar la funcionalidad de los servicios implementados y los procesos de “*Kamachiy-Idukay*” y “*Kamachiy- Mayistru*” en cada uno de los escenarios o entornos definidos en la fase anterior, se tuvieron en cuenta los criterios mostrados en Cuadro 21.

6.2.3 Fase 3 y 4: Planificación, diseño y ejecución de las pruebas

A continuación se menciona el método y la descripción de las pruebas realizadas en cada escenario.

Figura 61: Perfil de discapacidad versión 2.



Cuadro 21: Criterios de validación por escenario.

Escenario	Criterios de validación
Estudiantes con discapacidad sensorial y oyentes	Número de sesiones, número de estudiantes con preferencias por formatos de simulaciones, lenguaje de señas y texto. Salida del algoritmo adaptador. Adaptación de contenido y recursos.
Estudiantes con discapacidad y dificultades en aspectos de aprendizaje (memoria, atención y lenguaje)	Cursos (primero, segundo, tercero); resultados diagnósticos en aspectos (memoria, atención, lenguaje). Salida del algoritmo adaptador. Adaptación de contenido y recursos.
Docentes y expertos	Actividades sugeridas para dificultades y discapacidades, percepción de la plataforma, usabilidad, funcionalidad e impacto.

6.3 CASO DE ESTUDIO 1

Escenario estudiantes con discapacidad sensorial - sordos: la primera versión del modelo de discapacidad fue validada con estudiantes sordos y oyentes para determinar si se realizaba de forma correcta el proceso de adaptación en el despliegue. Se realizó en un colegio del sur de Bogotá, las pruebas en las que los estudiantes seleccionaban los recursos de su preferencia con respecto a la percepción de la información. En este escenario se validó el proceso “*verificar comportamiento*” y “*adaptar curso*”, los cuales permiten adaptar a los estudiantes el despliegue de la información teniendo en cuenta las preferencias de percepción y la sugerencia del perfil de discapacidad. Luego de realizar estas pruebas, surgió la necesidad de crear en el perfil de discapacidad, la sugerencia en términos de dificultades del aprendizaje.

6.3.1 Método

Para la realización de la validación se contó con el apoyo de un docente del área de tecnología y de la persona intérprete del colegio. Las pruebas se realizaron a un curso de décimo grado que tenía once (11) estudiantes sordos y doce estudiantes oyentes (12). Las diferentes actividades en la validación fueron: (a) estructura del curso (docente e intérprete): el docente estructuró un módulo del curso de electrónica básica. Para ello diseñó el material en tres formatos de despliegue (simulación, texto y lenguaje de señas); este último con el apoyo del intérprete del colegio. La Figura 62 muestra un ejemplo de la estructura implementada.

(b) Se les indica a los estudiantes el ingreso y el manejo de la plataforma, se registran y en cada una de las sesiones, los estudiantes interactúan con el sistema. (c) Al finalizar, en el módulo se realiza una prueba de conocimientos a los estudiantes sordos en lenguaje de señas (ver Figura 63).

Una vez realizada la validación se analizan los resultados y se refina el modelo.

6.3.2 Resultados

Al ingresar los estudiantes oyentes por primera vez a la plataforma, el sistema les despliega las actividades asociadas por el profesor a cada una de las temáticas en dos formatos (simulación y lectura) como se observa en la Figura 64, esto con el fin de que cada uno de los estudiantes elija la de su preferencia.

Se ejecuta de forma interna en el sistema el proceso “*verificar comportamiento*”. Luego de la quinta sesión, el sistema ha almacenado las preferencias y comienza a mostrarle los recursos de mayor puntaje solamente (ver Figura 65).

El Cuadro 22 muestra los resultados de las preferencias seleccionadas por cada uno de los estudiantes en las diferentes secciones. Como se puede observar el formato de mayor preferencia són las simulaciones.

Al ingresar los estudiantes sordos a la plataforma, el sistema le despliega la información en tres formatos: el primer formato es en lenguaje de señas dada la sugerencia del perfil de discapacidad; los otros dos formatos son simulación y lectura (ver Figura 66).

Se ejecuta de forma interna en el sistema el proceso “*verificar comportamiento*”. El sistema almacena las preferencias con el fin de mostrarle los recursos de mayor uso.

Figura 62: Estructura del cursos electrónica básica- escenario 1.

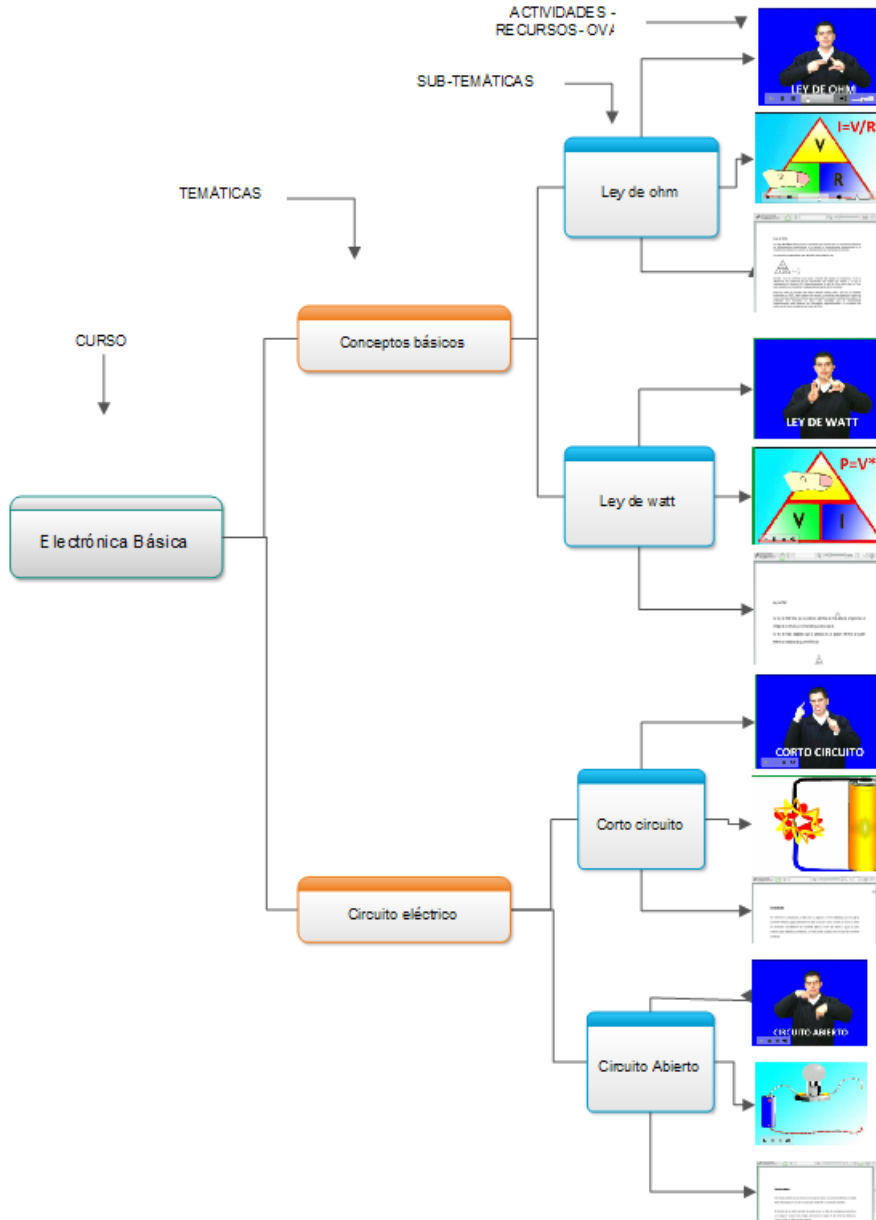


Figura 63: Evaluación sordos- escenario 1.



Figura 64: Despliegue de actividades a estudiantes oyentes.

The screenshot shows the ALS-STUDENT interface. At the top, there is a blue navigation bar with the text "INICIO", "Hola! SAMUEL ELECTRÓNICA", "ELECTRÓNICA", and "SALIR". Below the navigation bar, the title "ALS-STUDENT" is displayed in a large, stylized blue font. The main content area is divided into four sections: "MIS TEMAS" (CONCEPTOS BÁSICOS), "MIS SUBTEMAS" (LEY DE OHM), "• LEY DE OHM", and "OVAS". The "OVAS" section contains a table with the following content:

OVA	DESCRIPCIÓN
	SIMULACIÓN
	TEXTO LEY DE OHM

Figura 65: Despliegue de actividades con preferencia por simulaciones.

The screenshot shows the ALS-STUDENT interface with a preference for simulations. The navigation bar and title are the same as in Figure 64. The "OVAS" section now only displays the "SIMULACIÓN" activity, indicating that the "TEXTO LEY DE OHM" activity has been filtered out based on the user's preference. A video player window is open in the foreground, displaying a diagram of Ohm's Law. The diagram is a triangle with a yellow top section containing the equation $V=I \cdot R$, a green bottom-left section containing the letter I , and a blue bottom-right section containing the letter R . A hand is shown pointing to the equation.

Cuadro 22: Preferencia estudiantes oyentes.

ESTUDIANTE	No SESIONES	SIMULACIÓN	TEXTO
1	10	4	1
2	10	3	2
3	10	4	1
4	10	5	0
5	10	2	3
6	10	1	4
7	10	2	3
8	10	4	1
9	10	3	2
10	10	5	0
11	10	5	0
12	10	4	1

Figura 66: Despliegue de actividades a estudiantes sordos.



Cuadro 23: Preferencia estudiantes sordos.

ESTUDIANTE	No SESIONES	SIMULACIÓN	TEXTO	LENGUAJE SEÑAS
1	5	4	1	4
2	5	3	2	3
3	5	2	3	2
4	4	4	0	4
5	5	3	2	3
6	5	5	0	5
7	5	4	1	4
8	4	3	1	3
9	5	4	1	4
10	5	5	0	5
11	5	5	0	5

Es importante aclarar que el formato en lenguaje de señas estaba en simultánea con la simulación (uno no excluía al otro) Ver Figura 67.

El Cuadro 23 muestra los resultados de las preferencias seleccionadas por los estudiantes sordos en cada una de las sesiones. Como se puede observar la mayor preferencia son los formato de simulación y lenguaje de señas.

A continuación se presenta el análisis de los resultados del escenario 1.

6.3.3 Análisis

Al realizar la prueba de la primera versión del prototipo se pudo concluir:

- El proceso adaptar curso funcionaba de forma correcta, debido a que la salida del algoritmo era la esperada con respecto a la preferencia de cada uno de los estudiantes y permitió estructurar el curso de electrónica básica en el colegio.
- El servicio de asociar recursos y/o OVA funcionó y estaba acorde a las necesidades del docente y del intérprete.

Figura 67: Despliegue de actividades preferencia sordos.

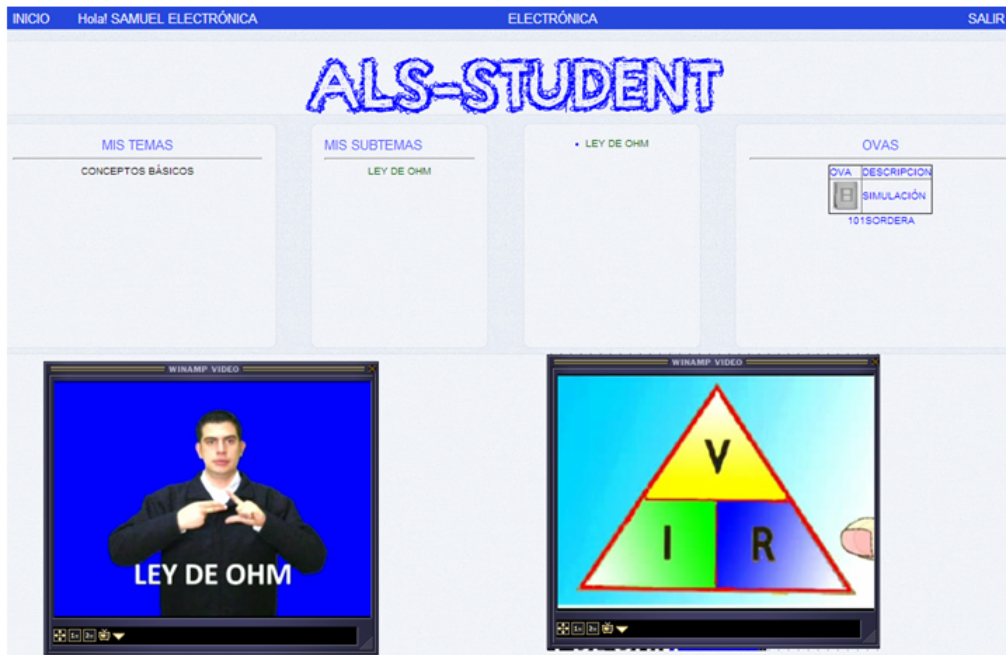
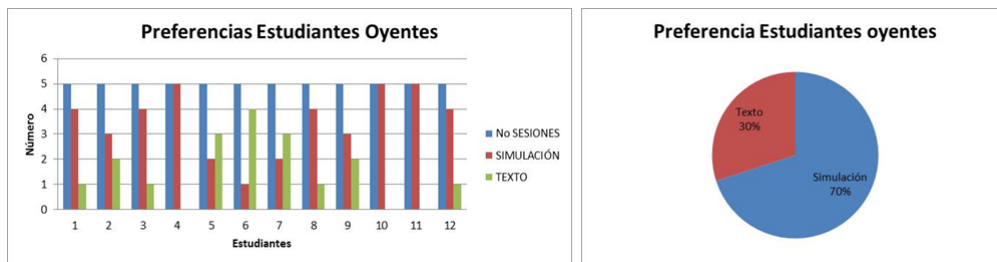


Figura 68: Preferencias estudiantes oyentes.

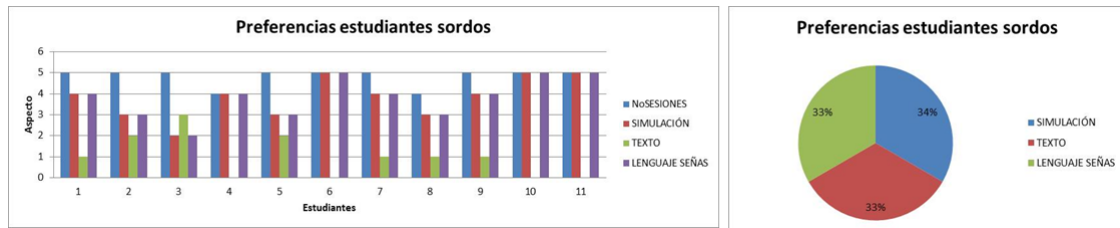


- Los estudiantes oyentes asistieron a las 5 sesiones realizadas, prefirieron simulaciones como formato de despliegue en un 70% y texto en un 30% (Ver Figura 68).

Algunos de los estudiantes sordos no asistieron a las 5 primeras sesiones. El sistema permitía de forma simultánea presentar lenguaje de señas con simulaciones siendo este tipo de recursos el de mayor preferencia (ver Figura 23). Como se observa en la Figura, el 67% de los estudiantes sordos prefieren lenguaje de señas y simulaciones.

Es importante aclarar que el análisis realizado, se ejecutó para determinar la funcionalidad del sistema en su primera versión con las preferencias de los estudiantes sordos. Con la validación fue necesario refinar el modelo y tener en cuenta no sólo la discapacidad y la preferencia sino también las dificultades en el proceso de aprendizaje. A continuación se menciona el segundo escenario en donde se prueba el prototipo del modelo final.

Figura 69: Preferencias sordos.



6.4 CASO DE ESTUDIO 2

Escenario estudiantes con dificultades y discapacidad en el colegio distrital el Jazmín de Bogotá: el nuevo modelo incluyó los aspectos de aprendizaje y las sugerencias en diferentes intervalos (ver Figura 70 versión 1, Figura 71 versión 2, Figura 72 versión final), con el fin de determinar un plan de actividades para los diferentes grupos (bajo, medio alto) obtenidos del algoritmo de agrupamiento *k-means*. En este escenario se validaron los procesos generar *test*, ejecutar *test*, generar perfil del estudiante, generar perfil de discapacidad, adaptador y adaptador curso con el fin de validar la adaptación en el despliegue y el contenido.

6.4.1 Método

La validación se realizó con veintinueve estudiantes (29) del grado tercero, cincuenta y cinco estudiantes (55) del grado primero y veinticinco (25) del grado segundo, para un total de ciento nueve estudiantes. Las diferentes actividades en la validación fueron: (a) Realización del diagnóstico: las docentes de los grados tercero, segundo y primero diseñaron instrumentos con el fin de evaluar en los estudiantes las dificultades en los aspectos de lenguaje, atención y memoria. Lo anterior permitió validar el proceso denominado "generar test". La Figura 73 muestra un ejemplo de la estructuración del test en la plataforma y la Figura 74 muestra un ejemplo de cómo se visualizaba a los estudiantes el test.

(b) Los estudiantes de cada curso realizaron el test con las instrucciones de cada una de las docentes; lo anterior permitió validar el proceso denominado "ejecutar test" y almacenar los resultados en la base de datos. (c) En este escenario, las docentes trabajan por proyectos y cada una de las actividades que se asociaron en la plataforma permitían intervenir en procesos cognitivos de memoria, atención y lenguaje. En el curso primero en la temática de español, la docente asoció dos tipos de recursos para trabajar el cuento, uno en pictogramas y otro narrado. En resumen, la Figura 75 muestra la estructura de las actividades en cada uno de los cursos. Al utilizar las docentes la plataforma el algoritmo de *k-means* les indicó los grupos de estudiantes que tenían al menos un aspecto con dificultades, de esta forma se asociaron planes de actividades para 3 grupos (resultado del algoritmo *k-means*) en cada aspecto (memoria, atención y lenguaje).

(d) En tres sesiones siguientes, los estudiantes ingresaron a la plataforma e interactuaron con ella. (e) Se observaron las actividades que se despliegan a cada niño,

Figura 70: Versión 1 Perfil de Discapacidad.

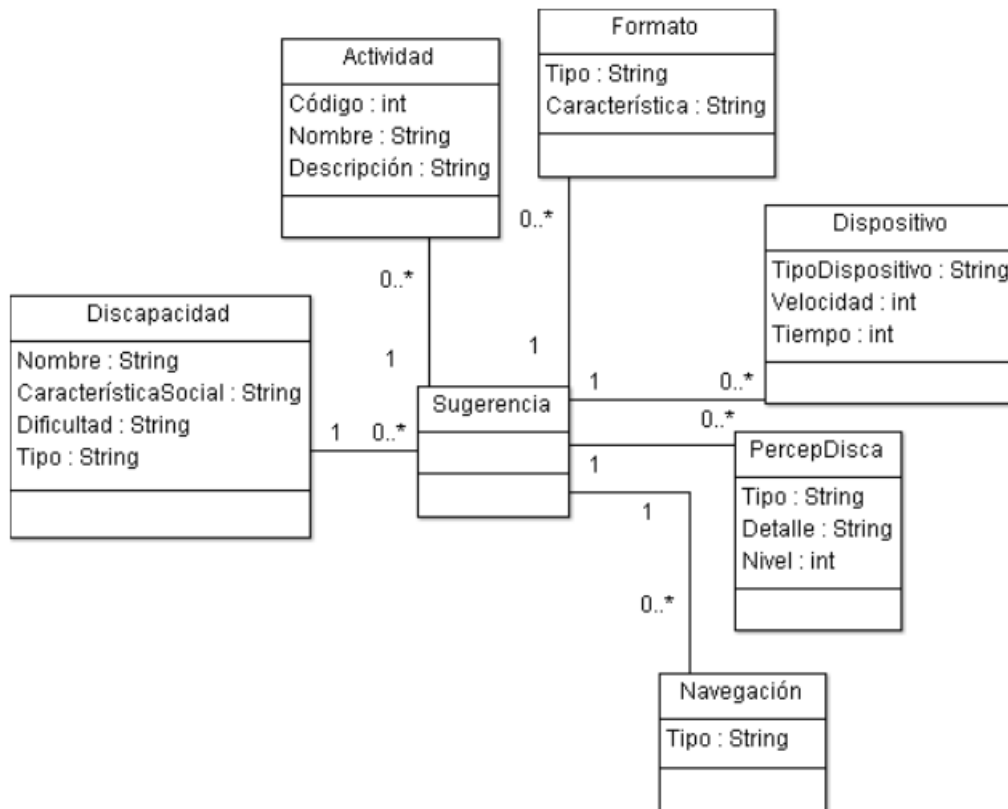


Figura 71: Versión 2 Perfil discapacidad. Incluye los aspectos de aprendizaje.

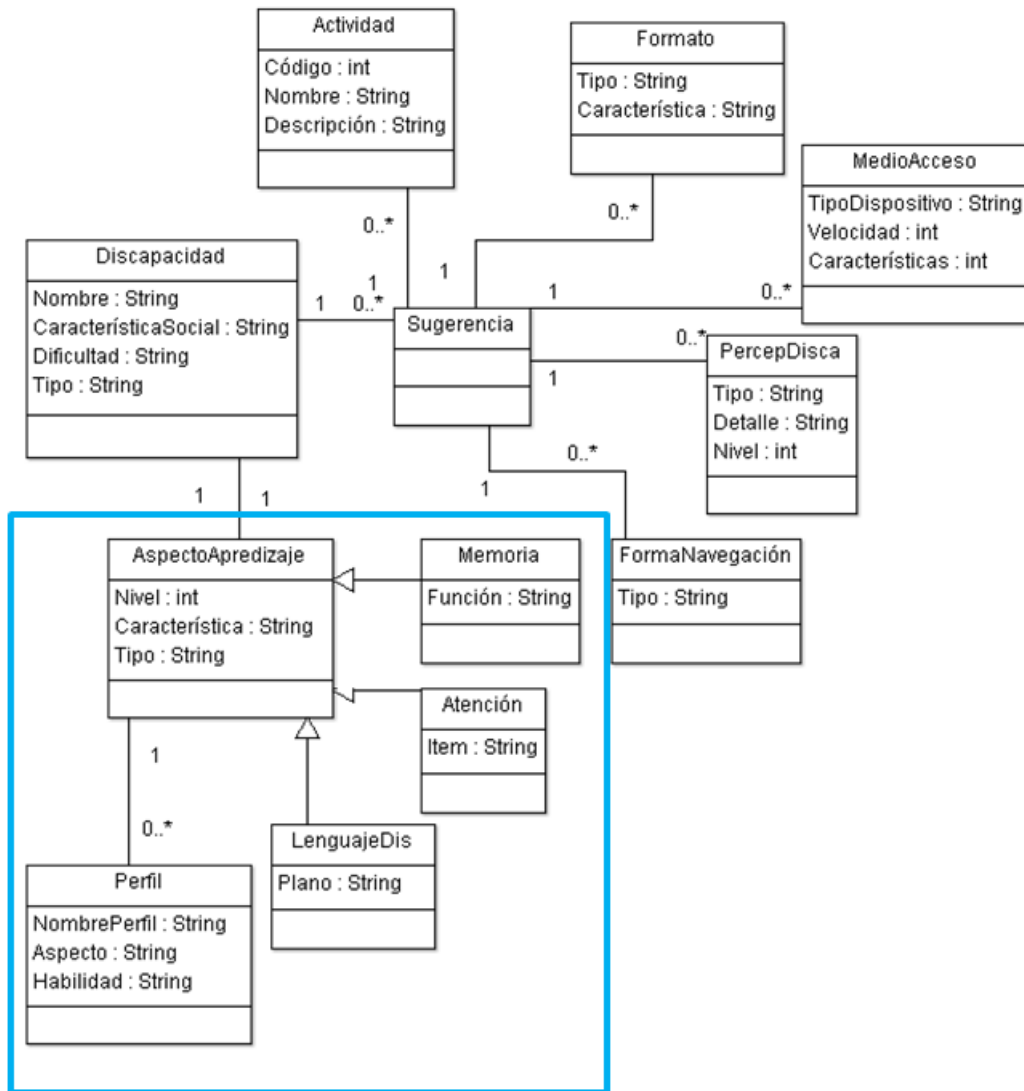


Figura 72: Versión final. Incluye las sugerencias para dificultades en aspectos de aprendizaje específicos.

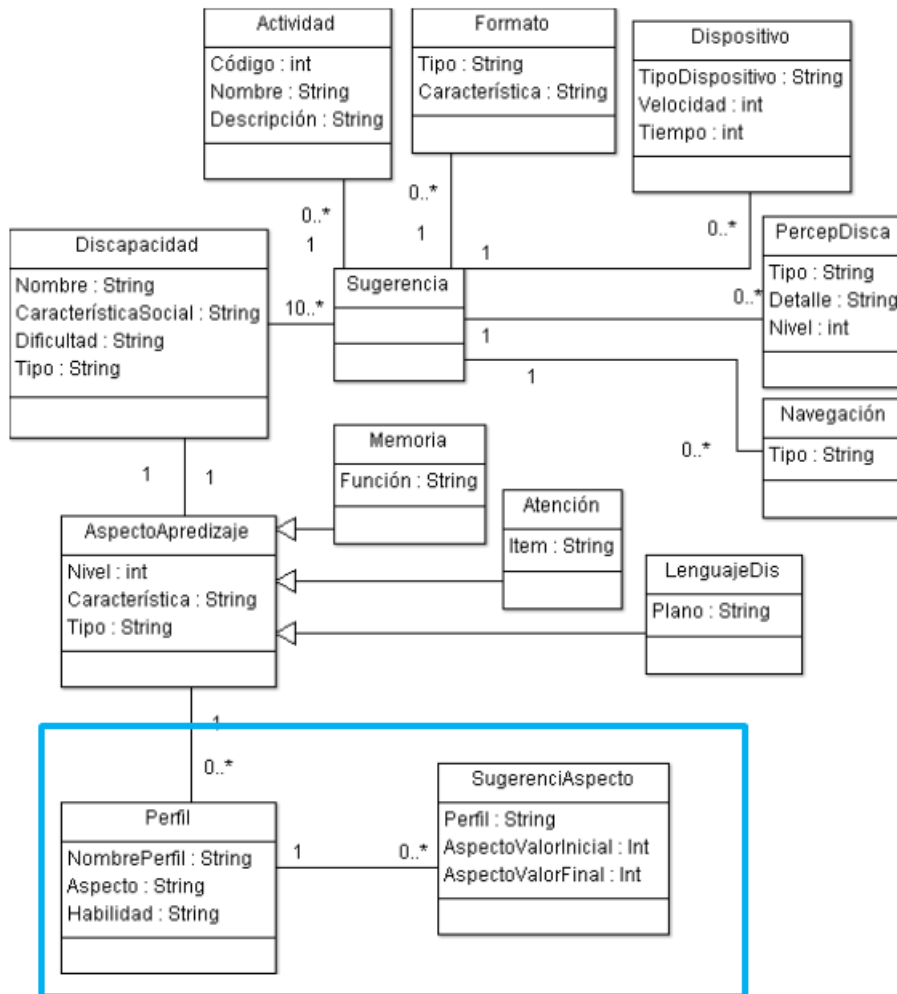
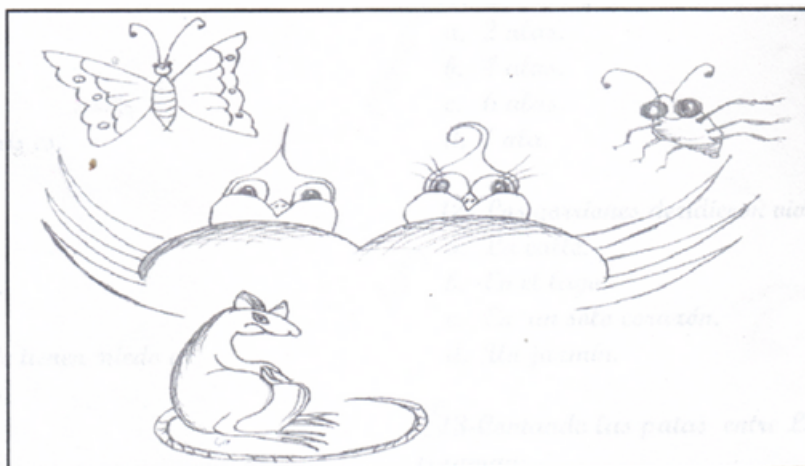


Figura 73: Interfaz para estructurar test.

The screenshot shows a web interface for editing a question. At the top, there is a header with navigation icons and a breadcrumb trail: "Encuesta ALS - Test prueba saber icfes - I semestre 2013 - Grado Primero(ID:214816)". Below this, there are sections for "Grupos de preguntas" (Aspecto de aprendizaje teniendo en cuenta el lenguaje (ID:1)), "Sección de la encuesta" (Aspecto de aprendizaje teniendo en cuenta el lenguaje (ID:1)), and "Preguntas" (LEN1: El título de la obra leída en clase es: (ID:1)).

The main area is titled "Editar pregunta" and includes a language selector set to "Español (Idioma por defecto)". The question code is "LEN1". The question text is "El título de la obra leída en clase es:". Below the text is a rich text editor with a toolbar containing various icons for text formatting (bold, italic, underline, strikethrough, text color, background color, bulleted list, numbered list, link, unlink, undo, redo, print, help) and a "Fuente HTML" button. The editor also shows options for "Estilo", "Formato", "Fuente", and "Tamaño".

Figura 74: Interfaz test. (Material diseñado por la docente de primero del colegio distrital Jazmín, 2013).



Observa y comenta el dibujo. Teniendo en cuenta la información que conoces del proyecto trabajado en clase, señala marcando con una X la respuesta correcta.

Hay 16 preguntas en esta encuesta.

Aspecto de aprendizaje teniendo en cuenta el lenguaje

El título de la obra leída en clase es:

Seleccione una de las siguientes opciones

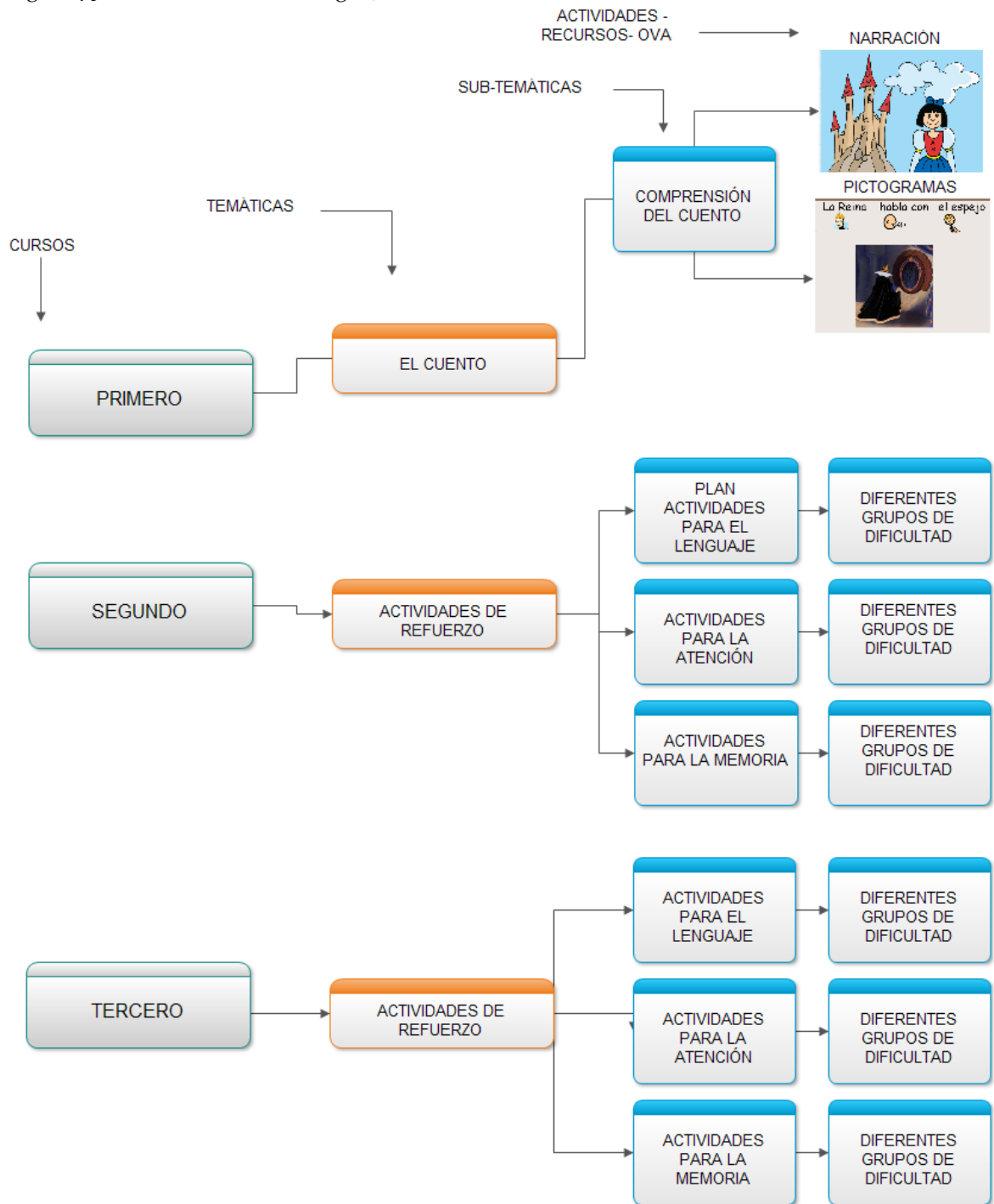
- Caperucita roja
- El nido mas bello del mundo
- El león
- La vaca lola

En el cuento los pajaritos són:

Seleccione una de las siguientes opciones

- Gorriones
- Colibrís
- Pollos
- Gallinas

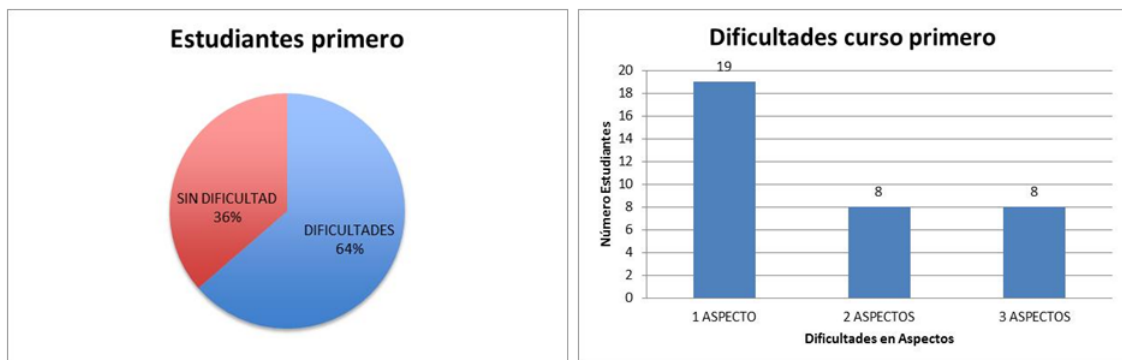
Figura 75: Estructura cursos colegio Jazmín – Escenario de validación 2.



Cuadro 24: Diagnóstico estudiantes primero colegio Jazmín (Bogotá, 2013).

ESTUDIANTE	LENGUAJE	MEMORIA	ATENCIÓN	ESTUDIANTE	LENGUAJE	MEMORIA	ATENCIÓN
1	100	100	100	29	50	10	10
2	70	100	100	30	100	100	100
3	60	100	100	31	10	10	10
4	90	70	10	32	10	10	10
5	30	70	10	33	100	100	100
6	90	70	100	34	10	10	10
7	80	70	100	35	30	10	10
8	100	100	10	36	40	10	10
9	20	10	10	37	40	10	10
10	10	10	10	38	60	10	10
11	100	100	100	39	40	100	10
12	100	100	100	40	40	70	10
13	100	100	100	41	70	70	10
14	100	70	100	42	70	70	10
15	100	70	100	43	80	10	100
16	100	100	100	44	90	100	10
17	100	100	100	45	90	100	10
18	90	100	10	46	90	70	100
19	30	70	100	47	100	70	10
20	40	100	100	48	90	70	100
21	80	100	10	49	100	100	10
22	10	70	10	50	100	100	10
23	30	70	10	51	90	100	100
24 Asperger	90	70	10	52	90	100	100
25	10	70	10	53	90	100	100
26	90	100	10	54	30	100	10
27	50	70	100	55	100	100	100
28	100	70	10				

Figura 76: Diagnóstico aspectos de aprendizaje grado primero.



permitiendo la validación del proceso adaptador y la verificación con el perfil de cada uno de los estudiantes dado el diagnóstico realizado. (f) Se analizan los resultados.

6.4.2 Resultados y análisis

Los diagnósticos realizados presentaban preguntas de evaluación en tres categorías (atención, memoria y lenguaje). Al finalizar se evaluaba de 0 a 100 cada aspecto. En en Cuadro 24 se pueden apreciar los resultados del diagnóstico realizado al curso primero. Como se observa en la Figura 76, el 64 % de los estudiantes tienen dificultad, 19 estudiantes en un aspecto, 8 en dos y 8 en los tres aspectos . Adicionalmente, el estudiante número 24 tiene discapacidad cognitiva (asperger).

Una vez se ha realizado el diagnóstico, las docentes deben estructura el curso, para ello *Kamachiy-Mayistru* ejecuta el algoritmo *k-means*, como se describi6n en la secci6n 4.3, el algoritmo *k-means* permite clasificar grupos de estudiantes que tienen dificultad

Figura 77: Agrupación Aspecto Lenguaje- Primero.

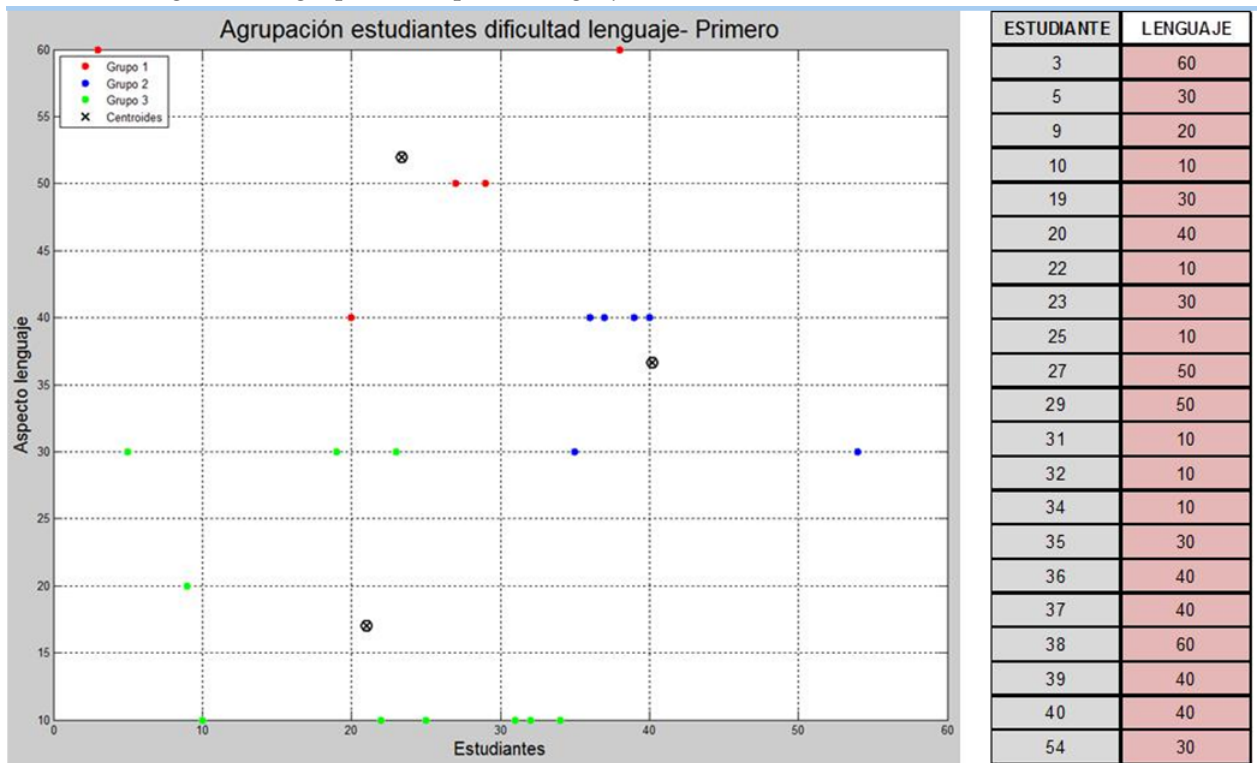
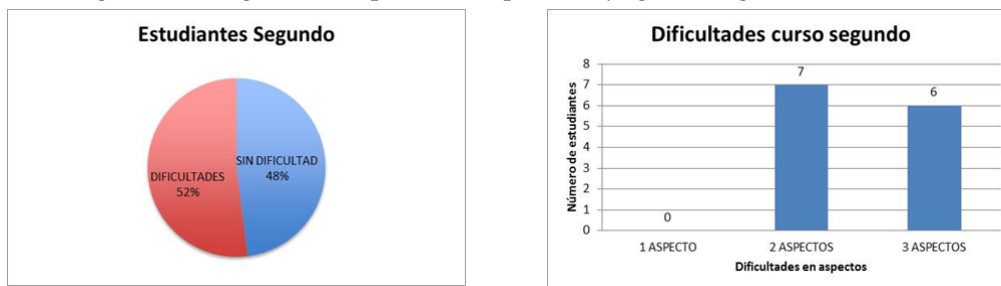


Figura 78: Diagnóstico aspectos de aprendizaje grado segundo.



en al menos un aspecto. Lo anterior se realiza con el fin de asociar actividades o recursos específicos a cada uno de los grupos realizados. los resultados para el grupo de primero en el aspecto de lenguaje se observa en la Figura 77.

Como se puede observar el algoritmo *k-means* de *Kamachiy-Mayistru* conforma tres grupos con el fin que la docente realice tres planes de actividades para la dificultad en el lenguaje. Para el aspecto de la memoria y la atención no se ejecuta el algoritmo *k-means*, porque los puntajes son los mismos para los estudiantes que presentan dificultad en este aspecto.

En el Cuadro 25 se pueden apreciar los resultados del diagnóstico realizado al curso segundo. Como se observa en la Figura 78, el 52 % de los estudiantes tienen dificultad, o estudiantes en un aspecto, 7 en dos y 6 en los tres aspectos . No hay presencia de estudiantes con discapacidad.

Cuadro 25: Diagnóstico estudiantes segundo colegio Jazmín (Bogotá, 2013).

ESTUDIANTE	LENGUAJE	MEMORIA	ATENCIÓN	ESTUDIANTE	LENGUAJE	MEMORIA	ATENCIÓN
1	100	80	90	14	70	100	90
2	50	40	80	15	90	80	100
3	40	50	60	16	100	80	90
4	50	40	40	17	60	40	50
5	90	80	100	18	100	90	80
6	10	30	80	19	40	60	80
7	40	50	70	20	100	90	80
8	80	90	100	21	30	40	50
9	40	50	80	22	30	40	80
10	100	90	80	23	100	90	80
11	70	100	80	24	50	40	90
12	90	100	70	25	30	50	40
13	50	30	10				

Cuadro 26: Diagnóstico estudiantes tercero colegio Jazmín (Bogotá, 2013).

ESTUDIANTE	LENGUAJE	MEMORIA	ATENCIÓN	ESTUDIANTE	LENGUAJE	MEMORIA	ATENCIÓN
1	60	80	100	16	60	80	90
2	70	10	80	17	60	40	90
3	30	40	40	18	70	60	90
4	80	20	70	19	60	80	90
5	80	90	90	20	90	60	100
6	60	90	100	21	20	10	60
7	60	50	20	22	40	20	80
8	70	60	90	23	40	40	100
9	80	40	100	24	90	50	90
10	40	40	80	25	80	80	80
11	80	70	90	26	30	40	70
12	70	60	90	27	80	60	100
13	50	50	50	28	80	70	100
14	80	70	90	29	80	100	70
15	80	40	90				

Una vez se ha realizado el diagnóstico, las docentes deben estructurar el curso, para ello *Kamachiy-Mayistru* ejecuta el algoritmo *k-means*, los resultados para el grupo de segundo en el aspecto de lenguaje se observa en la Figura 79.

Como se puede observar el algoritmo *k-means* de *Kamachiy-Mayistru* conforma tres grupos con el fin que la docente realice tres planes de actividades para la dificultad en el lenguaje. La Figura 80 muestra la ejecución del algoritmo para el aspecto de memoria en el curso segundo.

Como se puede observar se conformaron tres grupos de clasificación con respecto al aspecto de la memoria, las docentes realizaron el plan de actividades para cada grupo. Con respecto a la atención, aunque fueron pocos los datos, se puede observar en la Figura 81 la necesidad de diseñar planes de tres tipos de actividades.

En el Cuadro 26 se pueden apreciar los resultados del diagnóstico realizado al curso tercero. Como se observa en la Figura 82, el 79% de los estudiantes tienen dificultad, 14 estudiantes en un aspecto, 5 en dos y 4 en los tres aspectos. No hay presencia de estudiantes con discapacidad.

Figura 79: Agrupación aspecto lenguaje - segundo.

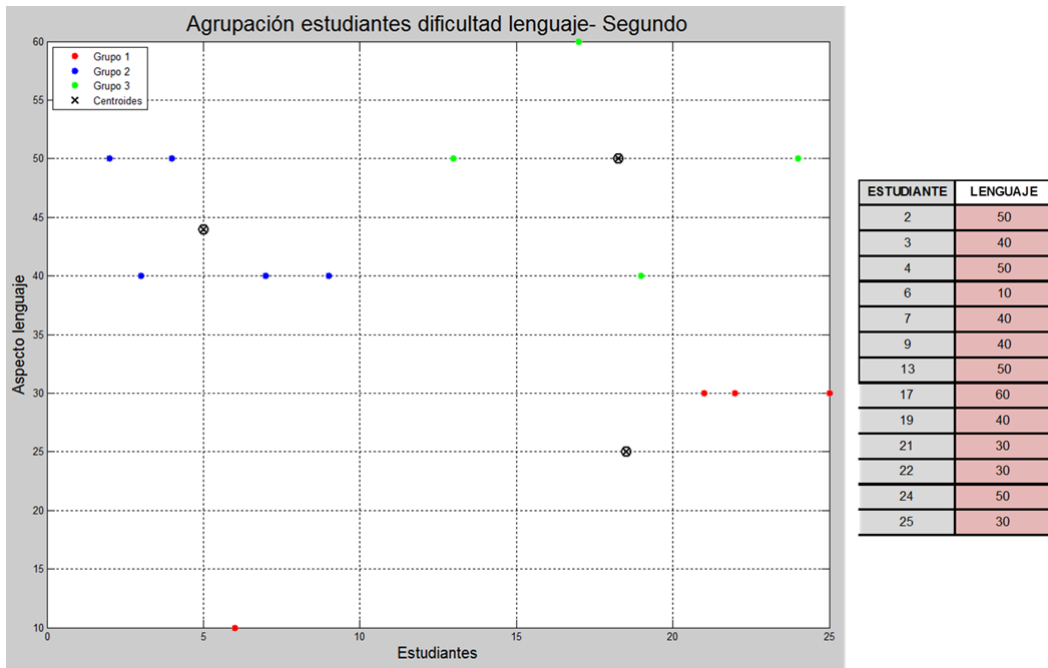


Figura 80: Agrupación aspecto memoria - segundo.

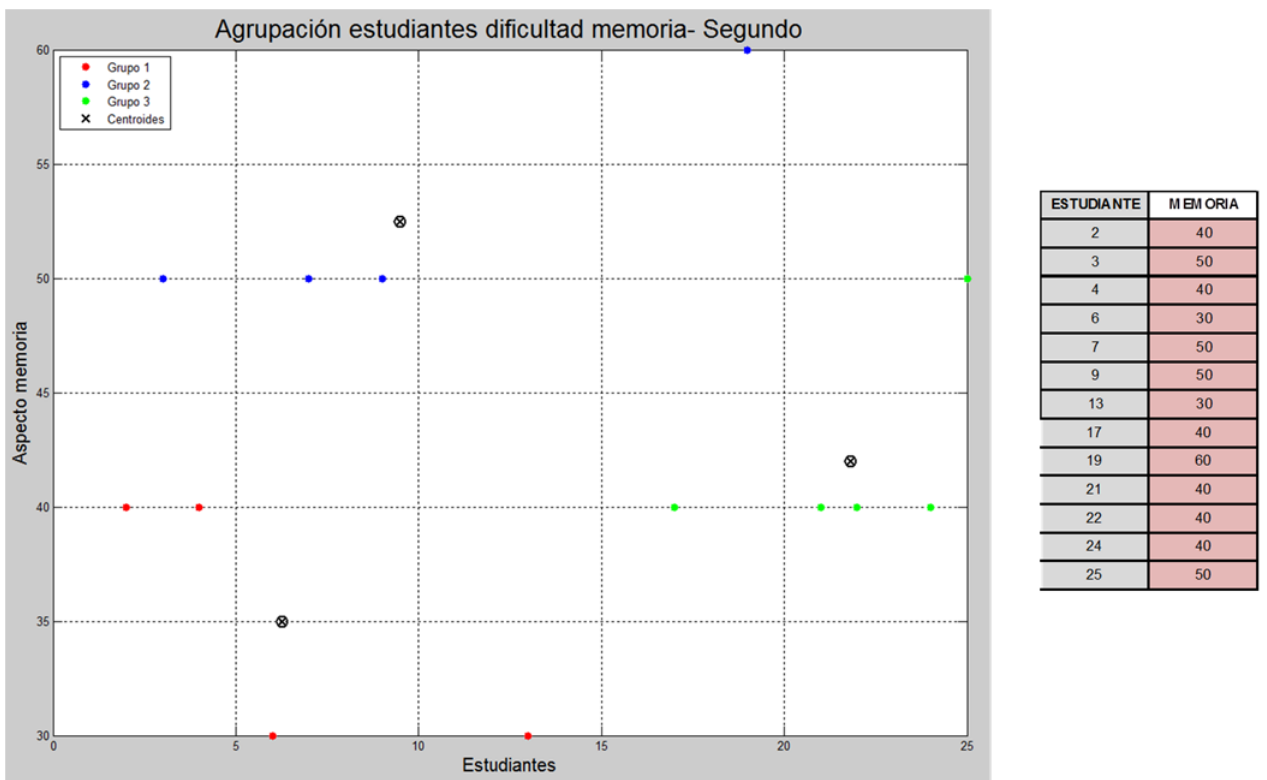


Figura 81: Agrupación aspecto atención - segundo.

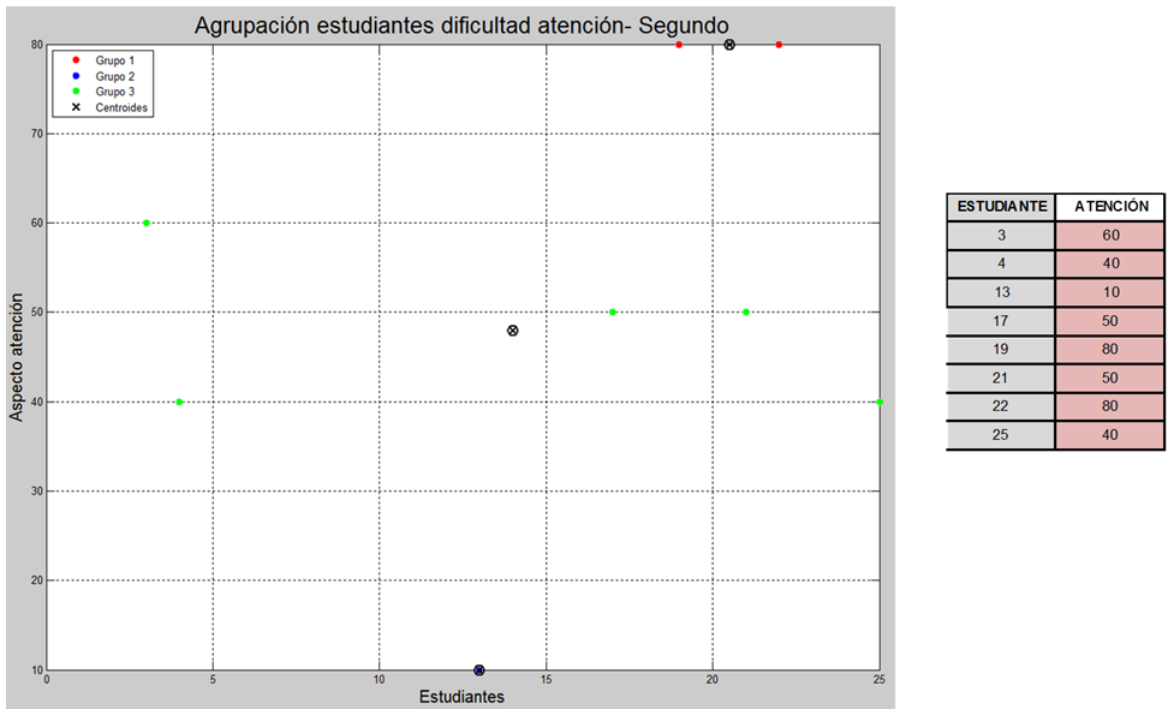


Figura 82: Diagnóstico aspectos de aprendizaje grado tercero.

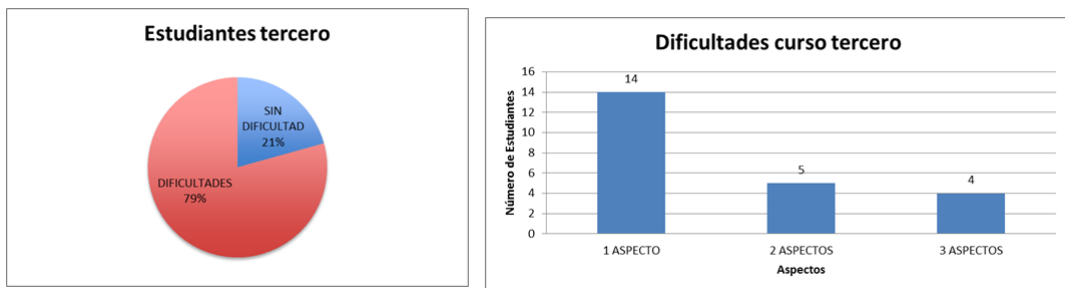
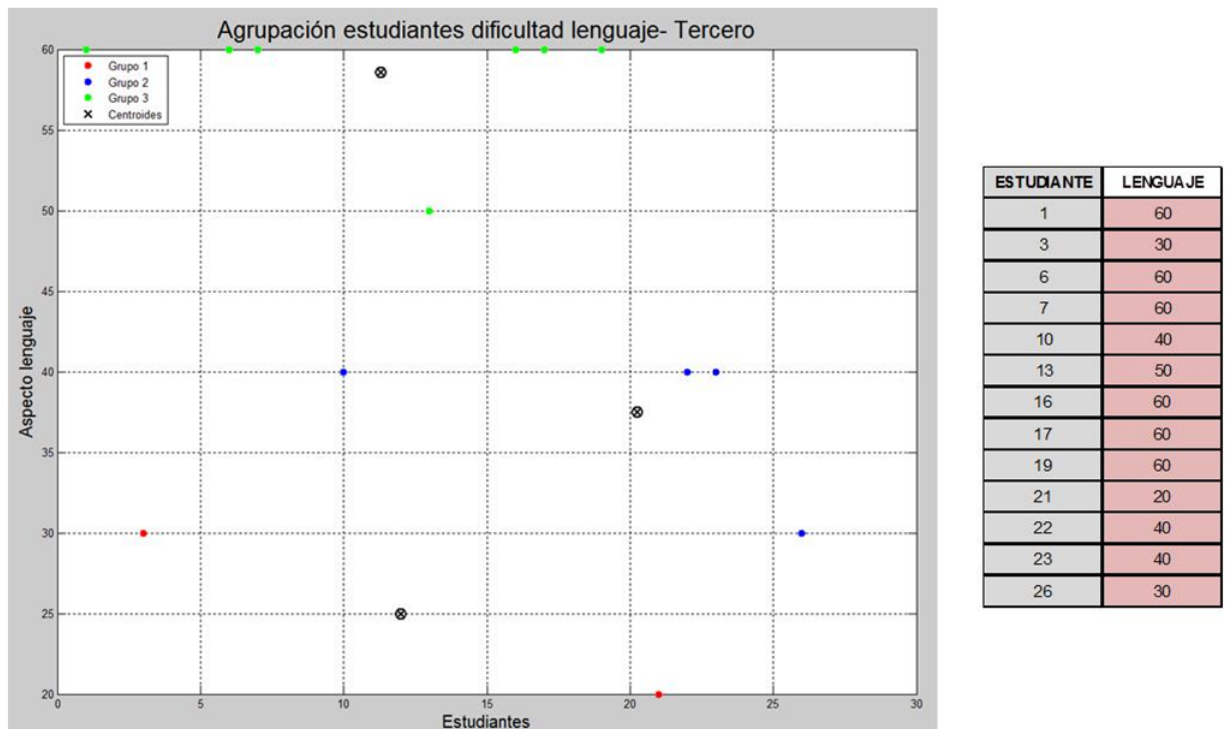


Figura 83: Agrupación aspecto lenguaje - tercero.



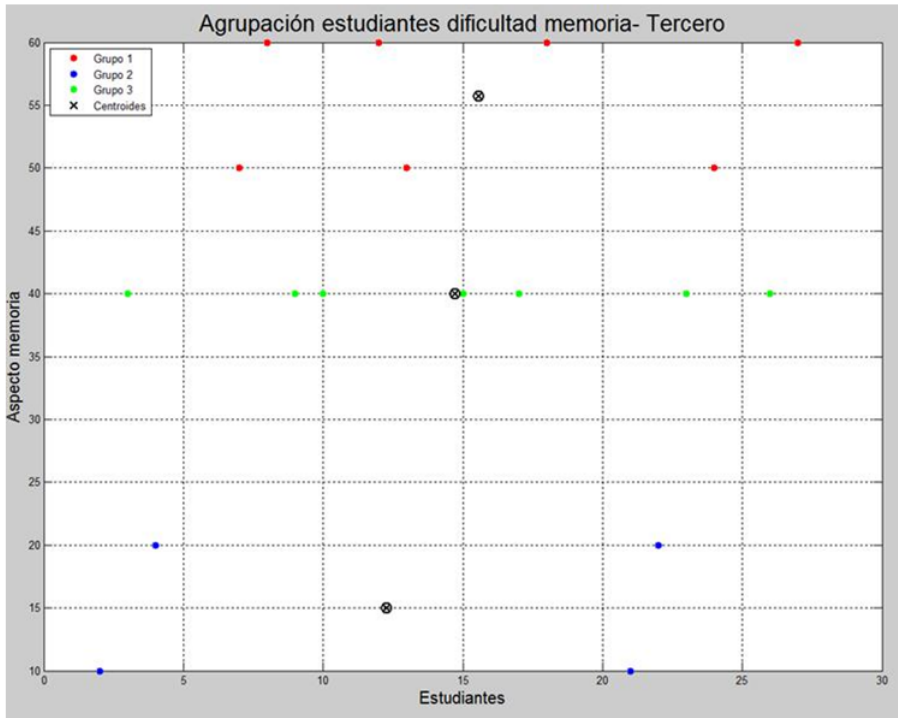
Una vez se ha realizado el diagnóstico, las docentes deben estructurar el curso, para ello *Kamachiy-Mayistru* ejecuta el algoritmo *k-means*, los resultados para el grupo de tercero en el aspecto de lenguaje se observa en la Figura 83.

Como se puede observar el algoritmo *k-means* de *Kamachiy-Mayistru* conforma tres grupos con el fin que la docente realice tres planes de actividades para la dificultad en el lenguaje. La Figura 84 muestra la ejecución del algoritmo para el aspecto de memoria en el curso tercero.

Como se puede observar se conformaron tres grupos de clasificación con respecto al aspecto de la memoria, las docentes realizaron el plan de actividades para cada grupo. Con respecto a la atención, aunque fueron pocos los datos, se puede observar en la Figura 85 la necesidad de diseñar planes de tres tipos de actividades.

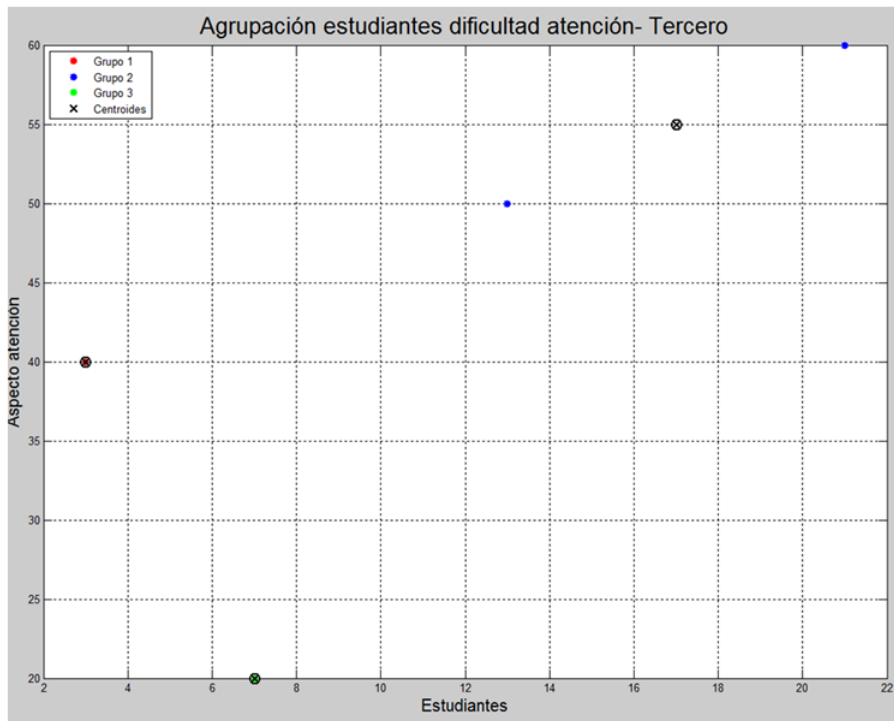
Al ingresar cada uno de los estudiantes a la plataforma se ejecuta el algoritmo del proceso adaptador. La salida realiza una consulta enriquecida para el servicio ofrecido al estudiante que le permite consultar actividad. Lo anterior permite la "Adaptación de la información al despliegue y al contenido". Para la salida de cada uno de los casos se utilizará la siguiente identificación: (Identificador 1- escenario Y del algoritmo adaptador) sin discapacidad, con puntajes mayores a 70 en los aspectos, el algoritmo utiliza como parámetros las preferencias (si hay), o el estilo de aprendizaje si no hay información de preferencias. (Identificador 2- escenario X del algoritmo adaptador) Sin o con discapacidad, con un puntaje menor en uno o dos o tres aspectos de aprendizaje (memoria, atención o lenguaje), el algoritmo utiliza planes de actividades dependiendo el grado de pertenencia del estudiante al grupo donde se clasifica. (Identificador 3- escenario y del algoritmo adaptador) con discapacidad, sin información de dificultades en aspec-

Figura 84: Agrupación aspecto memoria - tercero.



ESTUDIANTE	MEMORIA
2	10
3	40
4	20
7	50
8	60
9	40
10	40
12	60
13	50
15	40
17	40
18	60
21	10
22	20
23	40
24	50
26	40
27	60

Figura 85: Agrupación aspecto atención - tercero.



ESTUDIANTE	ATENCIÓN
3	40
7	20
13	50
21	60

Cuadro 27: Salida del algoritmo adaptador – curso primero.

ESTUDIANTE	SALIDA	GRP LENGUAJE	GRP MEMORIA	GRP ATENCIÓN	ESTUDIANTE	SALIDA	GRP LENGUAJE	GRP MEMORIA	GRP ATENCIÓN
1	1	-	-	-	29	2	3	1	1
2	1	-	-	-	30	1	-	-	-
3	2	1	-	-	31	2	3	1	1
4	2	-	-	1	32	2	3	1	1
5	2	3	-	11	33	1	-	-	-
6	1	-	-	-	34	2	3	1	1
7	1	-	-	-	35	2	2	1	1
8	2	-	-	1	36	2	2	1	1
9	2	3	1	1	37	2	2	1	1
10	2	3	1	1	38	2	1	1	1
11	1	-	-	-	39	2	2	-	1
12	1	-	-	-	40	2	2	-	1
13	1	-	-	-	41	2	-	-	1
14	1	-	-	-	42	2	-	-	1
15	1	-	-	-	43	2	-	1	-
16	1	-	-	-	44	2	-	-	1
17	1	-	-	-	45	2	-	-	1
18	2	-	-	1	46	1	-	-	-
19	2	3	-	-	47	2	-	-	1
20	2	1	-	-	48	1	-	-	-
21	2	-	-	1	49	2	-	-	1
22	2	3	-	1	50	2	-	-	1
23	2	3	-	1	51	1	-	-	-
24 Asperger	2	-	-	1	52	1	-	-	-
25	2	1	-	1	53	1	-	-	-
26	2	-	-	1	54	2	2	-	1
27	2	1	-	-	55	1	-	-	-
28	2	-	-	1					

tos. En el Cuadro 27 se observa la salida del algoritmo para cada uno de los estudiantes del curso primero.

El identificador 1 es la salida para 20 casos. Lo anterior concuerda con el número de estudiantes que no tienen discapacidad ni dificultades en el proceso de aprendizaje (30). La utilización del identificador 2 se realiza a cuatro casos, lo que concuerda los estudiantes que tiene al menos una dificultad. El identificador 3 no se aplica porque aunque hay discapacidad también había aspectos, no se presentó el caso de discapacidad sin aspectos. Como se puede observar, al comparar las dificultades de los estudiantes de primero con la salida del algoritmo, se evidencia que el algoritmo funciona de forma correcta y permite a cada uno de los estudiantes interactuar con las actividades ajustadas a sus necesidades particulares (dificultades y/o discapacidad).

Para el curso segundo la salida de cada uno de los casos se utilizará la siguiente identificación: (Identificador 1- escenario Y del algoritmo adaptador) sin discapacidad, con puntajes mayores a 70 en los aspectos, el algoritmo utiliza como parámetros las preferencias (si hay), o el estilo de aprendizaje si no hay información de preferencias. (Identificador 2- escenario X del algoritmo adaptador) Sin o con discapacidad, con un puntaje menor en uno o dos o tres aspectos de aprendizaje (memoria, atención o lenguaje), el algoritmo utiliza planes de actividades dependiendo el grado de pertenencia del estudiante al grupo donde se clasifica. (Identificador 3- escenario y del algoritmo adaptador) con discapacidad, sin información de dificultades en aspectos.

En el Cuadro 28 se observa la salida del algoritmo para cada uno de los estudiantes del curso segundo.

Como se observa el algoritmo adaptador utiliza el identificador 1 en 12 casos. Lo anterior concuerda con el número de estudiantes que no tienen discapacidad ni dificultades en el proceso de aprendizaje (12). La salida del algoritmo con el identificador 2 es de 13, clasificando los estudiantes en los grupos determinados por el algoritmo k.means en cada uno de los tres aspectos.

Cuadro 28: Salida del algoritmo adaptador – curso segundo.

ESTUDIANTE	SALIDA	GRP LENGUAJE	GRP MEMORIA	GRP ATENCIÓN	ESTUDIANTE	SALIDA	GRP LENGUAJE	GRP MEMORIA	GRP ATENCIÓN
1									
	1	-	-	-	14	1	-	-	-
2	2	2	1	-	15	1	-	-	-
3	2	2	2	3	16	1	-	-	-
4	2	2	1	3	17	2	3	3	3
5	1	-	-	-	18	1	1-	-	-
6	2	1	1	-	19	2	3	2	1
7	2	2	2	-	20	1	-	-	-
8	1	-	-	-	21	2	1	3	3
9	2	2	2	-	22	2	1	3	1
10	1	-	-	-	23	1	-	-	-
11	1	-	-	-	24	2	3	3	-
12	1	-	-	-	25	2	1	3	3
13	2	3	1	2					



Cuadro 29: Salida del algoritmo adaptador – curso tercero.

ESTUDIANTE	SALIDA	GRP LENGUAJE	GRP MEMORIA	GRP ATENCIÓN	ESTUDIANTE	SALIDA	GRP LENGUAJE	GRP MEMORIA	GRP ATENCIÓN
1	2	3	-	-	16	2	3	-	-
2	2	-	2	-	17	2	3	3	-
3	2	1	3	1	18	2	-	1	-
4	2	-	2	-	19	2	3	-	-
5	1	-	-	-	20	2	-	1	-
6	2	3	-	-	21	2	1	2	2
7	2	3	1	3	22	2	2	2	-
8	2	-	1	-	23	2	2	3	-
9	2	-	3	-	24	2	-	1	-
10	2	2	3	-	25	1	-	-	-
11	1	-	-	-	26	2	2	3	-
12	2	-	1	-	27	2	-	1	-
13	2	3	1	2	28	1	-	-	-
14	1	-	-	-	29	1	-	-	-
15	2	-	3	-					

Para el curso tercero la salida de cada uno de los casos se utilizará la siguiente identificación: (Identificador 1- escenario Y del algoritmo adaptador) sin discapacidad, con puntajes mayores a 70 en los aspectos, el algoritmo utiliza como parámetros las preferencias (si hay), o el estilo de aprendizaje si no hay información de preferencias. (Identificador 2- escenario X del algoritmo adaptador) Sin o con discapacidad, con un puntaje menor en uno o dos o tres aspectos de aprendizaje (memoria, atención o lenguaje), el algoritmo utiliza planes de actividades dependiendo el grado de pertenencia del estudiante al grupo donde se clasifica. (Identificador 3- escenario y del algoritmo adaptador) con discapacidad, sin información de dificultades en aspectos.

En en Cuadro 29 se observa la salida del algoritmo para cada uno de los estudiantes del curso tercero.

Como se observa el algoritmo adaptador utiliza el identificador 1 en 6 casos; lo anterior concuerda con el número de estudiantes que no tienen discapacidad ni dificultades en el proceso de aprendizaje 15. La salida del algoritmo con el identificador 2 es de 23, clasificando los estudiantes en los grupos determinados por el algoritmo *k.means* en cada uno de los tres aspectos.

<p>2. Sin discapacidad, con bajos niveles en el aspecto de atención, el algoritmo adaptador lo ubica en el grupo 3 del plan de actividades para el grupo 3 de atención. Actividad tomada de [152]</p>	
<p>2. Sin discapacidad, con bajos niveles en el aspecto de memoria, el algoritmo adaptador lo ubica en el grupo 1 del plan de actividades para el grupo 3 de memoria. Actividad tomada de [152]</p>	

El Cuadro 30 muestra la salida del algoritmo adaptador en la plataforma para algunos casos de ejemplo.

Sin el proceso adaptador, la salida del sistema a todos los estudiantes del curso primero sería como se observa en la Figura 86.

Adicionalmente, al realizar las validaciones en escenarios reales, a través de la observación se pudo concluir:

- Los estudiantes con y sin discapacidad, con y sin dificultades, al interactuar con la plataforma se sintieron motivados. Al finalizar las sesiones se les preguntaba si les gustaría hacer la sesión el día siguiente y todos contestaron afirmativamente.
- El impacto de la validación en el colegio el Jazmín de Bogotá fue de relevancia para el colegio, y actualmente tienen como plan de mejoramiento del año 2013, la

Cuadro 30: Salida del algoritmo adaptador en cada uno de los casos.

Caso	Adaptación en el contenido y el despliegue de la información – <i>Kamachiy-Idukay</i>
<p>1. Sin discapacidad, con puntajes mayores a 70 en los aspectos, el algoritmo utiliza como parámetros las preferencias.</p> <p>El estudiante del curso primero tiene preferencia por las simulaciones; al ingresar a la plataforma, el sistema le despliega el cuento narrado y con imágenes.</p> <p>Actividad tomada de [151]</p>	
<p>2. Sin discapacidad, con bajos niveles en el aspecto de lenguaje, el algoritmo adaptador lo ubica en el grupo 1 del plan de actividades del grupo 1 para lenguaje.</p> <p>Actividad tomada de [152]</p>	

<p>2. Sin discapacidad, con bajos niveles en el aspecto de lenguaje, el algoritmo adaptador lo ubica en el grupo 3 del plan de actividades para el grupo 3 de lenguaje.</p> <p>Actividad tomada de [152]</p>	
<p>6. Con discapacidad y sin aspectos, se muestra las actividades ajustadas a la necesidad.</p> <p>Actividad tomada de [152]</p>	

Figura 86: Despliegue de actividad sin proceso adaptador.

The image shows a digital interface for a reading activity. At the top, there is a navigation menu with three tabs: 'MIS TEMAS' (selected), 'MIS SUBTEMAS', and 'IDENTIFICACION DE PERSONAJES'. Under 'MIS TEMAS', the option 'LECTURA INICIAL' is visible. Under 'MIS SUBTEMAS', the options 'IDENTIFICACION DE PERSONAJES' and 'LECTURA' are visible. The main content area displays the title 'BLANCANIEVES' in all caps, followed by the authors 'Jacob y Wilhelm Grimm *' and the title 'Blancanieves'. The text begins with a paragraph describing a queen sewing by a window in winter, and a quote: '-¡Ojalá tuviera una niña tan blanca como la nieve, tan roja como la sangre y tan negra como la madera de ébano!'.

MIS TEMAS

LECTURA INICIAL

MIS SUBTEMAS

IDENTIFICACION DE PERSONAJES

LECTURA

• IDENTIFICACION DE PERSONAJES

BLANCANIEVES

Jacob y Wilhelm Grimm *

Blancanieves

Había una vez, en pleno invierno, una reina que se dedicaba a la costura sentada cerca de una ventana con marco de ébano negro. Los copos de nieve caían del cielo como plumones. Mirando nevar se pinchó un dedo con su aguja y tres gotas de sangre cayeron en la nieve. Como el efecto que hacía el rojo sobre la blanca nieve era tan bello, la reina se dijo.

-¡Ojalá tuviera una niña tan blanca como la nieve, tan roja como la sangre y tan negra como la madera de ébano!

Figura 87: Caso con discapacidad y dificultad en los tres aspectos.

ALS-TEACHER

SUGERENCIAS

IDENTIFICACIÓN DE LA SUGERENCIA:

DISCAPACIDAD: ACTIVIDAD:

ASPECTO DE MEMORIA:

ASPECTO DE LENGUAJE:

ASPECTO DE ATENCIÓN:

Crear

utilización de la plataforma en las casas, para que los padres puedan reforzar los aspectos con dificultad.

- Las docentes manifestaron no tener conocimiento de qué dificultades presentaban sus estudiantes y si tenían o no discapacidad hasta el momento de la validación; lo anterior hizo que el colegio enviara a todos sus estudiantes con dificultades en los tres aspectos a un diagnóstico profesional.
- Como sugerencia se deja en el colegio la inclusión de este tipo de actividades en el currículo de tecnología, ya que actualmente se manejan herramientas como office y transcripciones las cuales no apoyan el proceso de enseñanza de los estudiantes.
- En el primer escenario fue necesario realizar todas las actividades en los formatos de simulación, lenguaje de señas y texto, lo cual genera demanda de tiempo por parte de los docentes para implementar la plataforma. En el segundo escenario se seleccionaron recursos gratuitos educativos.
- Cuando existen casos de dificultad complejos, se debe personalizar en la plataforma con intervalos obtenidos de los centroides de cada uno de los grupos, respuesta del algoritmo *k-means*. La Figura 87 presenta un ejemplo de ello.

6.5 INDAGACIÓN A DOCENTES

Con el fin de evaluar la usabilidad y refinar aspectos de la plataforma, se diseñó un instrumento aplicado a las docentes del colegio y expertos en discapacidad y dificultades del aprendizaje. Entre las preguntas realizadas se encuentran:

1. ¿Qué actividades recomienda desde su labor pedagógica para afianzar falencias en procesos cognitivos donde interviene la memoria, atención y lenguaje?
2. ¿Tiene estudiantes con algún tipo de discapacidad?

Figura 88: Actividades sugeridas para dificultades en el aspecto de aprendizaje donde interviene la memoria.



3. ¿Cree usted que la utilización de una plataforma como *Kamachiy-Idukay* y *Kamachiy-Mayistru* permite apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje?

4. La plataforma muestra actividades teniendo en cuenta las dificultades particulares de cada estudiante. ¿Considera usted que esto le aportaría a su proceso de enseñanza?

5. ¿Qué aspectos considera fallan en la inclusión educativa? 6. Adicionalmente, se realizó una evaluación de los siguientes aspectos con respecto a la plataforma: i) El uso de *Kamachiy-Mayistru* para estructurar un curso de inclusión. ii) La capacidad de generar motivación en los estudiantes, ser atractivo y de interés en el ámbito educativo. iii) La posibilidad de ajustar al estudiante contenidos y actividades. iv) Flexible en la asignación de actividades v) Posibilidades de adaptación a diferentes estudiantes.

La respuesta a la primera pregunta en términos de memoria, se puede observar en la Figura 88. La mayor actividad mencionada por las docentes hace referencia a actividades de concéntrese y juegos de adivinanzas. También se pueden observar actividades como juegos de descubrimiento de detalles, actividades de descubrir figuras relacionadas con detalles, cartas de memoria y juegos de cadena de palabras.

La Figura 89 muestra las actividades sugeridas por las docentes a las dificultades de atención. Como se puede observar, la mayor actividad mencionada son los rompecabezas seguidos de actividades con canciones, cuentos con música y animaciones que concentren la atención en el estudiante. En una menor proporción se encuentran los sodokus con frutas y animales y las preguntas descriptivas de forma visual.

La Figura 90 muestra las actividades de sugerencia para dificultades de lenguaje. Las docentes en un gran porcentaje eligen las actividades con juegos de palabra, sopa de letras, descriptivos, seguido de actividades en voz alta mostrando imágenes y sonido. En menor porcentaje se encuentran las actividades con canciones y poesías.

Como se observa en las figuras, las actividades que se proponen para dificultades en el aprendizaje en los tres aspectos son diversas. La respuesta a la segunda pregunta indicó que el 90% de las docentes tiene en su curso al menos un estudiante con discapacidad y/o dificultades en el aprendizaje (ver Figura 91).

Figura 89: Actividades sugeridas para dificultades en el aspecto de aprendizaje donde interviene la atención.



Figura 90: Actividades sugeridas para dificultades en el aspecto de aprendizaje donde interviene la lenguaje.

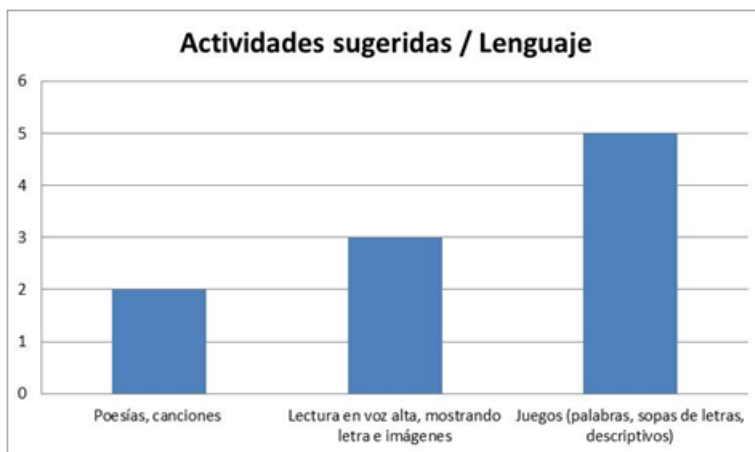


Figura 91: Estudiantes con dificultades.

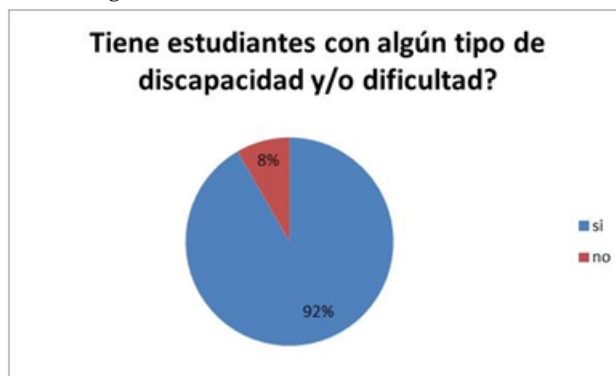
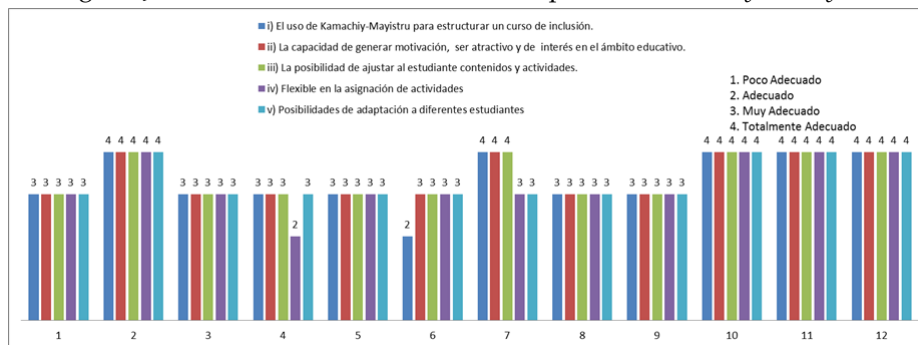


Figura 92: Usabilidad, funcionalidad e impacto de *kamachiy-idukay*.



A la tercera y cuarta pregunta, el 100% de las docentes manifestaron que la plataforma permite apoyar el proceso de enseñanza y aprendizaje y aporta a su labor profesional. Durante el estudio las docentes manifestaron que durante la validación de la plataforma en su institución percibieron mejora en el proceso de aprendizaje de los niños con dificultades, muestra de ello es la inclusión del funcionamiento del prototipo implementado como plan de mejoramiento de la institución.

Con respecto a la quinta pregunta, las docentes manifiestan que es necesario actividades personalizadas, centros de diagnóstico, aulas, falta de conocimiento del docente en estrategias y manejo de discapacidades, entre otras.

La ponderación a la evaluación de las docentes a los aspectos de *Kamachiy-Idukay* se puede apreciar en la Figura 92.

Con respecto al aspecto i), es decir, el uso de “*Kamachiy-Mayistru*” para estructurar cursos de inclusión, cinco docentes consideran totalmente adecuado la utilización de la plataforma, es decir que el sistema les permitió estructurar cursos teniendo en cuenta las dificultades en los niños de su curso actual; seis docentes consideran muy adecuado, pero afirman que la estructura de curso en este tipo de sistemas les genera mayor trabajo, al tener que diseñar actividades para todas las temáticas del curso y una docente considera adecuado porque aunque el sistema permite adaptar contenido y despliegue de la información a estudiantes con dificultades, ella considera que es necesario la enseñanza en lugares especiales con expertos en discapacidad y dificultades.

En el segundo aspecto, la capacidad de generar motivación, ser atractivo y de interés en el ámbito educativo, 5 docentes consideran totalmente adecuado; y 7 muy adecuado. En el tercer aspecto, iii) La posibilidad de ajustar al estudiante contenidos y actividades, cinco docentes consideraron totalmente adecuado el uso de la plataforma y siete muy adecuado. En el cuarto aspecto, iv) flexible en la asignación de actividades, cuatro docentes consideran totalmente adecuado, seis muy adecuado y uno adecuado. En el último aspecto v) posibilidad de adaptación a diferentes estudiantes, 4 docentes consideran totalmente adecuado, y ocho muy adecuado. Como se puede observar en la Figura 91, la mayoría de las docentes evaluó como muy adecuado y totalmente adecuado los aspectos tratados y los servicios ofrecidos por “*Kamachiy-Idukay*”. Sin embargo el prototipo implementado debe tener la posibilidad de indicar cuando las actividades ya han sido trabajadas por los estudiantes, con el fin de incluir nuevas al sistema y mejorar la didáctica en el proceso. De igual forma el sistema debe permitir consultar el estado de avance de las actividades en cada uno de los casos críticos.

6.6 INDAGACIÓN A EXPERTOS EN DISCAPACIDAD, DIFICULTAD Y A PADRES DE FAMILIA

Con el fin de determinar si la plataforma podría impactar en el proceso de aprendizaje de estudiantes con discapacidad y dificultad en los procesos de enseñanza, fue necesaria la consulta a expertos en discapacidad (un intérprete-docente del colegio San Carlos Bogotá, una licenciada en educación especial y una psicóloga experta en terapias de lenguaje); de igual forma como las docentes del colegio en conjunto con la coordinación decidieron utilizar el prototipo como plan de mejoramiento, se generaron actividades para que fueran realizadas por los padres en casa como apoyo a los niños y se indago acerca de su utilización. Las preguntas realizadas a los expertos fueron las siguientes:

1. Al existir diferentes patologías y niveles en la tipificación de las discapacidades y/o dificultades en el proceso de aprendizaje de niños y niñas en Colombia, cree usted que la plataforma *kamachiy-Idukay* es una herramienta de apoyo y por ende un aporte tecnológico en el proceso educativo? Por qué?.
2. La plataforma muestra actividades teniendo en cuenta las dificultades particulares de cada estudiante. ¿Considera usted que esto le aportaría al proceso de enseñanza de las personas con discapacidad y dificultad?.

A la primera pregunta y segunda los expertos consideran que la plataforma es una herramienta de apoyo al proceso educativo, manifestaron que la cantidad de software, dispositivos electrónicos que existen para discapacitados, plataformas para educación de personas con deficiencias es alta, sin embargo son específicas y en la mayoría no llegan a ser utilizadas en las aulas de clase de Colombia. Las diferencias que encuentran con *Kamachiy-Idukay*, es principalmente la flexibilidad, porque permite la asociación de diferentes tipos y estilos de actividades a una sola temática. Destacaron igualmente la caracterización de la discapacidad, el permitir diferentes niveles de dificultad en aspectos de aprendizaje y principalmente asociaciones entre la discapacidad y los aspectos.

Las personas entrevistadas manifestaron la importancia de complementar el sistema con un sistema clínico, que permita almacenar las lesiones aprendidas desde lo fisiológico presentado en clase. Con respecto a la personalización de las actividades consideran que es de gran utilidad en el aula e incluso en espacios fuera, como por ejemplo la casa, la institución de rehabilitación entre otros. Adicional el sistema puede ser complementado al poder ser utilizado en dispositivos móviles, aumentando así el impacto del sistema en la población.

Las preguntas realizadas a los padres fueron las siguientes:

1. De su experiencia como padre, en la utilización del sistema por su hijo considera usted que la plataforma tiene la capacidad de generar motivación en su hijo?.
2. Con respecto a la dificultad que presenta su hijo, cree que la plataforma ha aportado en su proceso de aprendizaje o mejora?.

De los padres seleccionados solo el 50% realizaron la actividad, esto debido a que muchos no contaban con acceso a internet, no tuvieron tiempo de realizar las actividades con su hijo, o simplemente no vieron importante hacerlo. De las respuestas entregadas se puede concluir: Con respecto a la primera pregunta, los padres manifiestan

que la plataforma es interesante, adecuada, una solución para mejorar las deficiencias en sus hijos, ellos notaron motivación para utilizar los recursos que les mostraba el sistema. Con respecto a la segunda pregunta los padres han notado mayor atención en las actividades realizadas, en especial cuando son por computador. La madre del estudiante con asperger manifestó que era la primera vez que su hijo se sentía interesado en el computador y que ahora quisiera tener mayor acceso a las actividades, porque considera que las mostradas fueron pocas y su hijo ya las sistematizó.

Con la implementación y validación del prototipo, se dio cumplimiento al cuarto objetivo: “validar el sistema mediante un prototipo funcional que permita mediante dos escenarios diferentes (una discapacidad cognitiva y otra sensorial) proveer servicios educativos a estudiantes con y sin discapacidad.”

En ambientes educativos, las herramientas y estrategias de enseñanza son indispensables para los procesos cognitivos de los estudiantes, y permiten mejorar su desempeño y generar en la mayoría de los casos actitudes motivacionales. Al introducir procesos adaptativos en los sistemas de información educativos, el estudiante puede percibir que una temática fue diseñada a su medida y aumentar así su motivación por utilizar y aprender a través de este sistema utilizado como herramienta educativa.

En relación con lo anterior se realizó una revisión de un marco de referencia y trabajos relacionados que permitieron establecer aspectos a considerar en sistemas informáticos teniendo en cuenta características y/o aspectos en tres áreas establecidas: educación, discapacidad y adaptación. Con el análisis realizado en cada una de las áreas y las intersecciones entre las mismas, se dio cumplimiento al primer objetivo *“Identificar y analizar los aspectos a consideraren sistemas informáticos teniendo en cuenta características y/o aspectos en términos de educación, discapacidad y adaptación”*, y se evidenció la necesidad de construir una herramienta conformada por:

(a) un modelo adaptativo (ALS) compuesto por un perfil de estudiante y de contexto, incluyendo un *“perfil de discapacidad”* con el fin de tipificar y caracterizar discapacidades y dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

(b) Una plataforma *“Kamachiy-Idukay”* que ofrece servicios adaptativos educativos, teniendo en cuenta las características del estudiante, las propias de su discapacidad y/o dificultad, la estructura del curso y que incluya el modelo adaptativo.

(c) Un módulo de servicios adaptados orientado al docente *“Kamachiy-Mayistru”*, que permite sugerirle las actividades y/o estrategias pedagógicas que se deben tener en cuenta cuando un estudiante presenta dificultades o discapacidad.

(d) Un proceso de adaptación, que dado parámetros como el estilo de aprendizaje, las preferencias, la discapacidad y los aspectos de aprendizaje (lenguaje, atención y memoria), permite la adaptación de contenido y en el despliegue de información en un ambiente educativo con estudiantes con y sin discapacidad/dificultades en el aprendizaje.

El modelo adaptativo (ALS) propuesto, permite definir el perfil del estudiante, el de discapacidad y el educativo (este último determina la estructura de un curso), y así con estos elementos, adaptar el contenido presentado al aprendiz, permitiendo el despliegue de la información a través de la selección apropiada de objetos virtuales de aprendizaje ya sea para personas con o sin discapacidad. Esto agrega valor al proceso de enseñanza-aprendizaje ya que permite tener en el mismo grupo de estudiantes personas con o sin discapacidad. Con lo anterior se dio cumplimiento al segundo objetivo: *“Definir un modelo de adaptación que incluya: el modelo de estudiante, el modelo de dominio, el modelo contextual, el modelo de discapacidad”*. De igual forma el modelo de adaptación aporta el perfil de discapacidad no tenido en cuenta en los trabajos relacionados revisados [119][49][120][122][123][133][68].

Al definir el modelo de adaptación (*ALS*), fue necesario el diseño de una plataforma que permitiera evidenciar el funcionamiento, para lo cual se creó *Kamachiy-Idukay* del quechua “*servicios para educar*”. La plataforma ofrece servicios adaptativos educativos, teniendo en cuenta el modelo de adaptación (*ALS*) con el fin de ajustarle el despliegue de la información, teniendo en cuenta las necesidades y características particulares de cada estudiante. Lo anterior requirió de un modelo de diseño con el fin de identificar procesos, entradas, salidas y las técnicas a utilizar dando cumplimiento al tercer objetivo “*Desarrollar el modelo de diseño del sistema adaptativo que incluya el modelo de adaptación con el fin de proveer servicios a estudiantes con o sin discapacidad*”. Para *Kamachiy-Idukay* se definieron los siguientes procesos:

(1) generar test aspecto y/o estilo de aprendizaje; (2) ejecutar test; (3) verificar el comportamiento; (4) generar perfil estudiante; (5) generar perfil de discapacidad; procesos que permiten alimentar los perfiles de estudiante y de discapacidad del modelo de adaptación.

(6) Adaptador curso, proceso que realiza el modulo adaptativo denominado “*Kamachiy-Mayistru*” que apoya al profesor en su proceso de enseñanza a personas con discapacidad y/o dificultades del aprendizaje. La aplicación en cada uno de los casos de estudio, evidenciaron la utilidad del módulo como apoyo del profesor en la labor de estructurar las actividades de un curso dirigido tanto a estudiantes con dificultades en el proceso de enseñanza y sin discapacidad así como a estudiantes con dificultades y con discapacidad.

(7) Generar perfil del contexto y (8) adaptador, proceso que permite realizar la selección de parámetros a tener en cuenta para ofrecer un servicio educativo ajustado a las características del estudiante.

Al diseñar el proceso adaptador, se evidenció un alto número de variables provenientes del modelo adaptativo (*ALS*), tales como: las preferencias, la discapacidad, el estilo de aprendizaje, las dificultades en aspectos como la memoria, atención y lenguaje del estudiante, requiriendo de una técnica de priorización. La utilización de *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*), permitió establecer prioridades en el proceso de adaptación de contenido y así reducir conflictos entre los mismos por ejemplo, conflictos entre las preferencias del estudiante y su estilo de aprendizaje o recomendaciones de experto para el despliegue de actividades en el caso en el que se presente algún tipo de discapacidad o dificultades en su proceso de aprendizaje así como lo realizado por otros autores en otras aplicaciones [127][128][129][131][132].

Cuando en el estudiante se presenta dificultad en al menos un aspecto de aprendizaje, con existencia o no de una discapacidad, es necesario identificar grupos de dificultad como lo establece Flanagan[40], para lo cual se seleccionó un algoritmo de clusterización *k-means* dado su eficiencia en la clasificación o agrupamiento de grandes cantidades de datos y su utilización el procesos no supervisados. El algoritmo realiza en el proceso adaptador una agrupación de estudiantes que tienen dificultades en aspectos de aprendizaje como memoria, atención, lenguaje con el fin de presentarle actividades acorde a su particularidad.

Una vez realizado el diseño de los procesos en *Kamachiy-Idukay*, se implementó un prototipo seleccionando servicios educativos que tienen en cuenta el docente y el estudiante: (a) los servicios orientados al docente implementado fueron: crear curso; asociar temáticas y sub-temáticas; presentar contenido (buscar y asociar *OVA* o recursos

a las temáticas y sub temáticas). Ingresar test. (b) Los servicios orientados al estudiante implementados fueron: realizar test; consultar curso (consultar temática; consultar sub-temática; consultar actividades). Luego de realizadas pruebas de funcionamiento se realiza una validación.

La validación del modelo y la plataforma de servicios se llevó a cabo en tres momentos con el fin de comprobar la adaptación en el despliegue de la información, para tal fin se tuvo en cuenta escenarios con las siguientes características de estudiantes (discapacidad sensorial, cognitivo, sin discapacidad, sin dificultades y con al menos una dificultad o combinación de ellas). El primer momento permitió la validación en un escenario donde había estudiantes sin discapacidad y con discapacidad sensorial (sordos); el segundo escenario de prueba se llevó a cabo con estudiantes sin discapacidad pero con dificultades en aspectos de aprendizaje. Un tercer momento permitió realizar una indagación a docentes y expertos, acerca del sistema, en términos de usabilidad, funcionalidad e impacto.

La validación de la plataforma en un entorno real a través de casos de estudio permitió el refinamiento del modelo adaptativo y el modelo de diseño. De igual forma reflejó la utilidad del sistema en: (a) la estructuración de cursos, en ambientes donde se integran niños con y sin discapacidad o dificultades en el aprendizaje. (b) La adaptación de la información en el despliegue y en contenido teniendo en cuenta las características particulares del estudiante y en especial su discapacidad y/o dificultades en aspectos de aprendizaje como la memoria, atención y lenguaje. Lo anterior permitió dar cumplimiento al cuarto objetivo: *“Validar el sistema mediante un prototipo funcional que permita mediante dos escenarios diferentes (una discapacidad cognitiva y otra sensorial) proveer servicios educativos a estudiantes con y sin discapacidad”*.

El modelo de adaptación y las plataformas diseñadas *Kamachiy-Idukay*, *Kamachiy-Magistru*, permiten la flexibilidad ya que permiten interactuar con diversidad de manejadores de objetos virtuales de aprendizaje y ser implementadas en diversas arquitecturas computacionales. De igual forma el algoritmo adaptador que incluye una metodología *AHP* para priorización de criterios de adaptación, un algoritmo de agrupamiento y un sistema de reglas es escalable a otros sistemas para priorizar aspectos de adaptación como las características del contexto y otras dificultades/ discapacidades que afecten el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Es importante tener en cuenta que la plataforma de apoyo al proceso educativo fue diseñada para estudiantes con discapacidad sensorial o cognitiva leve que pueden integrarse a las aulas de clase regular.

El impacto ingenieril del trabajo se enfoca en la definición de un modelo conceptual que incluye una combinación de: (a) un modelo de adaptación compuesto por un perfil de estudiante, contexto, discapacidad y un modelo de curso); (b) una plataforma que incluye procesos de generar test, realizar test, verificar comportamiento “con el fin de alimentar los perfiles de estudiante y de discapacidad”; (c) un modelo adaptativo orientado al profesor con el fin de estructurar cursos teniendo en cuenta las características y/o dificultades del estudiante con presencia o ausencia de discapacidad. (d) Una técnica *AHP* en el diseño previo de un algoritmo adaptador con el fin de priorizar variables y evitar conflictos en la selección de los aspectos a tener en cuenta cuando se realiza adaptación en el contenido y despliegue. (e) Por último la utilización de un algoritmo *k-means* para realizar agrupaciones que permitan asociar o realizar planes de

actividades o recursos a estudiantes que presentan más de una dificultad en el proceso de aprendizaje.

El impacto social de la investigación se orienta a la utilización de una herramienta que apoya el proceso de enseñanza y aprendizaje que se realiza en el aula regular teniendo en cuenta las características propias del estudiante (preferencia, estilos de aprendizaje, discapacidad y/o dificultades).

El trabajo futuro se encuentra ubicado en la intersección de las tres áreas del proyecto (educación, discapacidad y adaptación):

(a) profundizar a nivel educativo en estrategias para mayor diversidad y tipologías de discapacidades, en especial las cognitivas moderadas y de altos niveles de sintomatología.

(b) Diseñar sistemas que tengan en cuenta variedad de aspectos del contexto en ambientes educativos para personas con discapacidad y/o dificultad.

(c) Generar sistemas de evaluación que permitan determinar el ritmo de aprendizaje y el desempeño de los estudiantes en kamachiy-Idukay.

(d) Tener en cuenta características del contexto dentro de los criterios de adaptación.

(e) Generar planes dinámicos de actividades, teniendo en cuenta la retroalimentación del desempeño del estudiante a través de un procesos evaluativos.

(f) Diseñar las actividades teniendo en cuenta la normatividad de objetos virtuales de aprendizaje y los lineamientos del diseño universal de e-learning inclusivo.

Parte V

APÉNDICE

PUBLICACIONES

PUBLICACIONES EN REVISTAS INDEXADAS.

- Content adaptation for students with learning difficulties: design and case study International Journal of Web Information Systems, ISSN: 1744-008, Editorial team, Indexed in Scopus.
- Modelo Adaptivo Para la Caracterización de Dificultades/ Discapacidades en un Ambiente Virtual Educativo. Journal DYNA, Edición 175, Volumen 79, (Octubre de 2012). ISSN 0012-7353. Pp. 54-61. Factor de impacto 0,20. Q2 Scimago.
- Características de Adaptación y Discapacidad a tener en cuenta en Entornos Virtuales de Aprendizaje. Journal DYNA, Edición Especial. (2012). ISSN 0012-7353. (idioma: inglés). Edición 173-II. Junio 2012. Pp. 6-14. Factor de impacto 0,20. Q2 Scimago.
- Modelo de Adaptación en Ambientes Virtuales de Aprendizaje para personas con discapacidad. Revista Avances en Sistemas e Informática, vol. 8, No. 2. (2011). ISSN 1657 – 7663. (idioma: español). Indexada en: IBN Publindex, Directory of Open Access Journals DOAJ, e-Revistas Portal, Latindex Latindex, Redalyc, Dialnet.
- Modelo de adaptación basado en preferencias en ambientes virtuales de aprendizaje para personas con necesidades especiales. Revista Avances Investigación en Ingeniería, vol 9, No. 1 (2012). ISSN: 1794-4953. Pp. 113-121. Categoría C en publindex.

PONENCIAS Y ARTÍCULOS EN CONFERENCIAS NACIONALES

- “*ALSHI: Adaptive Learning System for Hearing Impaired*”. Sexto Congreso Colombiano de Computación (6CCC), Manizales, Colombia, Mayo 2011. (idioma: español). IEEE Proceedings. ISBN 978-1-4577-0284-6
- “*Kamachi-Idukay: Plataforma de Servicios Educativos Adaptativos para Personas con Discapacidad/Dificultad*”. Octavo Congreso Colombiano de Computación (8CCC), Armenia, Colombia, Agosto 21-23, 2013. (idioma: español). A aparecer.

PONENCIAS Y ARTÍCULOS EN CONFERENCIAS INTERNACIONALES

- “Modelo de adaptación basado en preferencias en ambientes virtuales de aprendizaje para personas con necesidades especiales”. III Congreso internacional de Ambientes Virtuales de

Aprendizaje Adaptativos y Accesibles (CAVA 2011), Bogotá, Colombia, Noviembre 2-4, 2011. ISBN: 978-958-761-049-9, pp. 280-292.

- “Modelo Adaptativo Aplicado en Ambientes Virtuales de Aprendizaje de Personas con Discapacidad”. XXXVII Conferencia Latinoamericana de Informática (CLEI 2011), Quito, Ecuador, Octubre 10-14, 2011. ISBN: 978-9942-9880-0-3, pp. 1078-1093.
- Diseño de un Sistema con Características de Adaptación para Personas con Discapacidad. IV Congreso Internacional de Diseño, Redes de Investigación y Tecnología para todos (DRT4ALL 2011). (Madrid, España, 27 - 29 de Junio de 2011). ISBN: 978-84-88934-50-5. (idioma: español), pp. 195-206.
- “Sistema de Tutoria Inteligente para Inclusión de Personas con Diversidad Funcional en Ambientes e-learning”. IV Congreso internacional de Ambientes Virtuales de Aprendizaje Adaptativos y Accesibles (CAVA 2012), Cartagena, Colombia, Octubre 24-26 de 2012, 2012. ISSN: 2323-0010.
- “Personal Learning Environment for Disabled People”. 8ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (CISTI'2013), Lisboa, Portugal, Junio 19-22 de 2013. *IEEEExplore*.
- Plataforma Adaptativa de Servicios Educativos KAMACHIY-IDUKAY: Algoritmo de Clasificación y Caso de Estudio. VI International Conference of Adaptive and Accessible Virtual Learning Environment CAVA 2014. Submitted

REFERENCIAS

-
- [1] Consejería Presidencial para la política social, "*Plan nacional de atención a las personas con discapacidad. Manual Operativo*," Bogotá, 2002.
- [2] C. Bernal, "*Revisión del estado de la práctica de los procesos de inclusión educativa de los estudiantes con síndrome de down en Colombia*", Corporación Síndrome de Down-Bogotá, Colombia, Septiembre de 2007.
- [3] C. Trujillo, A. Pérez, L. Cuervo, "*Modelo Conceptual Colombiano de Discapacidad e Inclusión Social*", Universidad Nacional de Colombia Bogotá, ISBN: 9789587191035. 2008
- [4] N. Roth, "*Políticas Públicas: Formulación, Implementación y Evaluación*", Ediciones Aurora, Bogotá, ISBN: 958-91369-15-X. 2007.
- [5] V. Aleven, B. McLaren, I. Roll, and K. Koedinger, "*Toward tutoring help-seeking. Applying cognitive modeling to meta-cognitive skills*" In: *Intelligent tutoring systems, 7th international conference*, pp. 227-239, 2004.
- [6] M., Tuedor, "*Universal access through accessible computer educational programs to develop the reading skills of children with autistic spectrum disorders*", In: *Universal Access in the information society*, vol. 5, no. 3, pp. 292-298, October 2006.
- [7] D., Wade, V.P., Conlan, O. Declan, "*Developing active learning experiences for adaptive personalised e-learning*" *Proceedings of Third International Conference on Adaptive Hypermedia (AH-2004)*., vol. LNCS 3137, pp. 55-64, 2004.
- [8] Choi S-Y, "*Concept Map-Based Adaptive Tutoring System Supporting Learning Diagnosis for Students with Learning Disability*" In: *Computers Helping People with Special Needs*, vol. LNCS 3118, pp. 194-201, 2004.
- [9] A. Ortiz, D. Oyarzun, and M. Puy Carretero, "*ELEIN: E-Learning with 3D Interactive Emotional Agents*" *Learning by Playing. Game-based Education System Design and Development*, vol. LNCS 5670, pp. 294-305, 2009.
- [10] G. Lancioni, N. Singh, and M. F. O'Reilly, "*Post-coma persons with extensive multiple disabilities use microswitch technology to access selected stimulus events or operate a radio device*," *Research in Developmental Disabilities*, vol. Elsevier 32, no. 6, pp. 1638-1645, 2011.
- [11] T. Ando, G. Piotr, and A. P. Wierzbicki, "*Distance and Electronic Learning*," Springer-Verlag Berlin Heidelberg , 2007.
- [12] DANE. (2010, Mar.) Registro continuo para la localización y caracterización de las personas con discapacidad. [Online]. http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=74&Itemid=120

- [13] M. Tuedor, "Universal access through accessible computer educational programs to develop the reading skills of children with autistic spectrum disorders," *Universal Access in the Information Society*, pp. 292-298, 2006.
- [14] F. Boujarwah, A. Riedl, O. Mark, D. Gregory, R. Arriaga, "REACT: intelligent authoring of social skills instructional modules for adolescents with high-functioning Autism," *SIGACCESS Access. Comput.*, pp. 13-23, 2011.
- [15] D. Cowan and Y. Khan, "Assistive technology for children with complex disabilities," *Current Paediatrics*, vol. Elsevier 15, no. 3, pp. 207-212, 2005.
- [16] Y. Cheng-San, Y. Cheng-Huei, C. Li-Yen, and Y. Cheng-Hong, "A wireless internet interface for person with physical disability," *IEEE Transactions*, pp. 1-7, 2008.
- [17] I. Hatzilgeroudis and J. Prentzas, "Knowledge Representation Requirements for Intelligent Tutoring Systems. University of Patras," *Intelligent Tutoring Systems Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3220, pp. 87-97, 2004.
- [18] L. Chao-Lin, "A Simulation-Based Experience in Learning Structures of Bayesian Networks to Represent How Students Learn Composite Concepts," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 18, no. 3, pp. 237-285, 2008.
- [19] T. Kuhlen and C. Dohle, "Virtual reality for physically disabled people," *Computers in Biology and Medicine*, vol. 25, no. 2, pp. 205-211, 1995.
- [20] S. H Hirano, M. Yeganyan, G. Marcu, D. Nguyen, L. Boyd, "vSed: evaluation of a system to support classroom activities for children with autism.," *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1633-1642, 2010.
- [21] M. Jeffrey, Chan, M. O'Reilly, "A Social Stories™ Intervention Package for Students with Autism in Inclusive Classroom Settings," *Journal of Applied Behavior Analysis*, vol. 41, no. 3, pp. 405-409, 2008.
- [22] D. Lancheros and A. Carrillo, "Características de adaptación y discapacidad a tener en cuenta en entornos virtuales de aprendizaje," *Dyna*, vol. 79, no. 173, pp. 6-14, 2012.
- [23] D. Dagger, V. Wade, and O. Conlan, "Developing active learning experiences for adaptive personalised elearning," in *Third International conference on adaptive hypermedia and adaptive web-based systems (AH2004)*, vol. 3137, 2004, pp. 55-64.
- [24] R. Menzies, "Promoting sharing behaviours in children through the use of a customised novel computer system," *SIGACCESS Access. Comput.*, vol. 99, pp. 30-36, 2011.
- [25] M. Betke, J. Gips, and P. Fleming, "The Camera Mouse: visual tracking of body features to provide computer access for people with severe disabilities," *IEEE Transactions*, pp. 1-10, 2002.
- [26] S. Krishnamurti, L. Drake, and J. King, "Neural network modeling of central auditory dysfunction in Alzheimer's disease," *Neural Networks*, vol. 24, no. 6, pp. 646-651, 2011.

- [27] D. Moore, Y. Cheng, P. McGrath, and N. J. Powell, "Collaborative Virtual Environment Technology for People With Autism," focus on autism and other developmental disabilities, pp. 247-248, 2005.
- [28] P. Brusilovsky, "Adaptive Hypermedia," *Journal User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. ACM 11, no. 1-2, pp. 87-110, 2001.
- [29] G. Bressan, L. Zaina, "Classification of Learning Profile Based on Categories of Student Preferences," 38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, pp. 1-6, Oct. 2008.
- [30] S. Ching-Hsiang, C. Man-Ling and S. Ching-Tien, "Assisting people with multiple disabilities and minimal motor behavior to improve computer pointing efficiency through a mouse wheel.," *Research in Developmental Disabilities*, vol. 30, no. 6, pp. 1378-1387, 2009.
- [31] A. Dey and G. Abowd, "Towards a Better Understanding of Context", *Proceeding HUC '99 Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, vol. Springer-Verlag London, UK ©1999, no. ISBN:3-540-66550-1, pp. 304-307, 1999.
- [32] D. Lancheros-Cuesta, A. Carrillo-Ramos, and J. Pavlich-Mariscal, "Kamachi-Idukay: Plataforma de Servicios Educativos Adaptativos para Personas con Discapacidad/Dificultad," in 8 Congreso Colombiano de Computación, Armenia, 2013, p. A aparecer.
- [33] B. Jiménez and M. Moreno, "La clasificación internacional del funcionamiento de la discapacidad y de la salud (CIF)," *Revista Española de Salud Pública*, pp. 271-279, 2002.
- [34] Organización Mundial de la Salud. Clasificación de los tipos de discapacidad. [Online]. <http://www.who.int/topics/disabilities/es/>
- [35] W3C. WAI (Web Accessibility Initiative). [Online]. <http://www.w3.org/>
- [36] K. Nasser, "Diagnosing Learning Disabilities in a Special Education by an Intelligent Agent Based System," 4th Computer Science and Electronic Engineering Conference (CEEC), vol. IEEE, pp. 7-12, 2012.
- [37] E. Jokisuu, P. Langdon, and J. Clarkson, "Modelling Cognitive Impairment to Improve Universal Access," *Universal Access in Human-Computer Interaction. Users Diversity*, vol. LNCS 6766, pp. 42-50, 2011.
- [38] D. Lancheros, A. Carrillo, "Características de adaptación y discapacidad a tener en cuenta en entornos virtuales de aprendizaje.," *Dyna*, vol. 79, no. 173, pp. 6-14, 2012.
- [39] E. Jokisuu, P. Langdon, and J. Clarkson, "Modelling cognitive impairment to improve universal access," UAHCI'11 Proceedings of the 6th international conference on Universal access in human-computer interaction: users diversity - Volume Part II , pp. 42-50, 2011.
- [40] D. Flanagan and V. Alfonso, "Essentials of Specific Learning Disability Identification (Essentials of Psychological Assessment)", Wiley, 2010.

- [41] J. Flavell, "Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry", 1979, pp. 906-911.
- [42] A. L. Brown, "International Handbook of Metacognition and Learning Technologies" 1987, pp. 65-115.
- [43] T.O. Nelson and L. Narens, "Metamemory: A Theoretical Framework and new Findings.," in *Metacognición y Razonamiento Espacial en Juegos de Computador*". Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 1999, pp. 11-12.
- [44] B. Joyce and M. Weil, "Modelos de enseñanza". Barcelona: Gedisa, 2002.
- [45] T. Koschmann, R. Hall, and N. Miyake, "CSCL 2. Carrying forward the conversation", Erlbaum Lawrence , Ed., 2002.
- [46] M. Verdugo, "Personas con discapacidad : perspectivas psicopedagógicas y rehabilitadoras". Madrid: Siglo XXI, 2002.
- [47] Y. Acosta, A. Morales, "Problem Solving in a Fragmented Computing Environment and an Integrated Computing Environment", *Revista de Educación*, 361. Mayo-agosto 2013, pp. 330-357
- [48] W. Winn, "Current Trends in Educational Technology Research:The Study of Learning Environments," *Educational Psychology Review*, 2002.
- [49] D. Mwanza and Y. Engeström, "Pedagogical Adeptness in the Design of E-learning Environments: Experiences from the Lab@Future," Center for Activity Theory & Developmental Work Research University of Helsinki Finland, pp. 1344-1347, 2003.
- [50] L. Manning, "Advanced Distributed Learning," *DISAM Journal*, pp. 40-45, 2000.
- [51] Advanced Distributed Learning. (2001) SCORM Overview Version 1.2. [Online]. <http://www.adlnet.org/downloads/120.cfm>
- [52] Advanced Distributed Learning. (2001) SCORM Content Aggregation Model Version 1.2. [Online]. <http://www.adlnet.org/downloads/120.pdf>
- [53] Advanced Distributed Learning. (2005) Productos Validados por la ADL. [Online]. <http://www.adlnet.org/scorm/adopters/index.cfm>
- [54] L. Alvarez and D. Espinoza, "Empaquetamiento de Objetos de Aprendizaje Bajo el Estándar SCORM", 2005.
- [55] A. Torres, A. Naranjo, G. Albors, and A. Fernández, "Curso de Química a distancia como apoyatura de la modalidad presencial, basado en estándares SCORM 1.2," *Ingeniería Química*, Universidad Nacional de San Juan , 2008.
- [56] Y. Valle, C. Arévalo, and J. Muñoz. (2005) Conversión de Mapas Conceptuales en objetos de Aprendizaje bajo el estándar SCORM. [Online]. <http://docente.uco.mx/juancont/documentos/cap01/43.pdf>
- [57] J. Soto and . García, "Semantic learning object repositories," *Virtual Campus 2006 Post-proceedings*, pp. 91-101, 2006.

- [58] M. Gertrudis López and M. Vanessa, "Sistema Generador de Ambientes de Enseñanza-Aprendizaje Constructivistas basados en Objetos de Aprendizaje (AMBAR): la Interdisciplinariedad en los ambientes de aprendizaje," RED. Revista de Educación a Distancia, vol. 19, 2008.
- [59] J. Minguillón, E. Mor, F. Santanach, and L. Guardia, "Personalización del proceso de aprendizaje usando learning objetos reutilizables," Revista de Educación a Distancia, no. Monográfico IV, 2005.
- [60] International Organization for Standardization. (2013) International Organization for Standardization. [Online]. <http://www.iso.org/iso/home.html>
- [61] J. Gonzalez, R. Marin, "Estándares de e-learning: guía de consulta," Alcalá, 2010.
- [62] The Aviation Industry CBT Committee. (2010) The Aviation Industry CBT Committee. [Online]. www.aicc.org
- [63] IMS Global Learning Consortium. (2012) IMS Global Learning Consortium. [Online]. IMS Global Learning Consortium
- [64] Asociación Española de Normalización y Certificación. (2009) Asociación Española de Normalización y Certificación. [Online]. www.aenor.es
- [65] European Committee for Standardization. (2009) European Committee for Standardization. [Online]. www.cen.eu
- [66] Learning Technology Standards Committee (LTSC). (2012) Learning Technology Standards Committee (LTSC). [Online]. www.ieee.org
- [67] Scorm. Advanced Distributed Learning. (2009) Scorm. Advanced Distributed Learning. [Online]. www.adlnet.org
- [68] B. Woolf, "Building intelligent interactive tutors: student-centered strategies for revolutionizing e-learning". San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc, 2008.
- [69] L M M Giraffa, S S Marczak, and G Almeida, "Supporting learning activities using virtual tools," in 33rd Annual Frontiers in Education, vol. 3, Westminster, 2003, pp. 3-7.
- [70] M Quillian, "Semantic memory. Semantic information processing," Semantic Information Processing, vol. 2, no. 6, pp. 227-270, 1968.
- [71] A Minsky, "A Framework for Representing Knowledge," The Psychology of Computer Vision, pp. 211-277, 1975.
- [72] N Rattanawongchaiya, S Sonamthiang, and k Naruedomkul, "Thai intelligent tutor with information retrieval," International Conference on Integration of Knowledge Intensive Multi-Agent Systems, pp. 549-554, 2005.
- [73] I. Hupont. "Implementación de un sistema de reconocimiento de emociones faciales". [Online]. http://giga.cps.unizar.es/docencia/pfcs_realizados/188

- [74] Afectiva. Afectiva Dispositivos para la Medición de Emociones. [Online]. <http://www.afectiva.com/>
- [75] G. Curilem, F. Azevedo, and A. Barbosa, "Adaptive Interface Methodology for Intelligent Tutoring Systems," *Intelligent Tutoring Systems Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3020, pp. 741-750, 2004.
- [76] S. Siler, D. Klahr, C. Magaro, K. Willows, D. Mowery, "Predictors of Transfer of Experimental Design Skills in Elementary and Middle School Children," *Proceeding ITS'10 Proceedings of the 10th international conference on Intelligent Tutoring Systems*, vol. Part II, pp. 198-208, 2010.
- [77] L Kiat, T. Blank, "Integrating Case-Based Reasoning and Meta-Learning for a Self-Improving Intelligent Tutoring System," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 18, no. 1, pp. 27-58, 2008.
- [78] V. Aleven, J. Kay, and J. Mostow, *Intelligent Tutoring Systems*, 10th International Conference, ITS 2010, Pittsburgh, PA, USA, June 14-18, 2010, Proceedings, Part II. Pittsburgh: Springer, 2010.
- [79] Real Academia Española. Diccionario de la real academia española. [Online]. <http://www.rae.es>
- [80] T. Chaari, M. Zouari, and F. Laforest, "Ontology Based Context-Aware Adaptation Approach," in *Context-aware mobile and ubiquitous computing for enhanced usability : adaptive technologies and applications.*, 2009, pp. 26-48.
- [81] A. Kardan and H. Monkaresi, "Developing a Novel Framework for Effective Use of Implicit Feedback in Adaptive e-Learning," *Amirkabir University of Technology - Department of Computer Engineering & Information Technology*, pp. 955-960, 2008.
- [82] W Schwinger, C Grün, B Pröll, W Retschitzegger, and A Schauerhuber, *Context-awareness in Mobile Tourism Guides – A Comprehensive Survey*, 2005.
- [83] P. Brusilovsky, "Adaptive Hypermedia: From Intelligent Tutoring Systems to Web-Based Education," in *Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, vol. 1839, Canada, 2000, pp. 1-7.
- [84] C. Bailey, W. Hall, D. Millard, and M. Weal, "Towards Open Adaptive Hypermedia," in *2nd International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems*", vol. 2347, España, 2002, pp. 36-46.
- [85] W. Xiao Min, C. Wei, and C. Lei, "Research of Ontology-based Adaptive Learning System," 2008 International Symposium on Computational Intelligence and Design. IEEE., pp. 366-370, 2008.
- [86] D. Stojanovic, "Context-Aware Adaptation in," in *Context-aware mobile and ubiquitous computing for enhanced usability : adaptive technologies and applications.*, 2009, pp. 1-25.

- [87] H. Jeon, T. Kim, J. Choi, "Adaptive User Profiling for Personalized Information Retrieval," in Third 2008 International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, 2008, pp. 836-841.
- [88] N. Tavera, "NOMAD: Modelo para la adaptación del despliegue de la información orientado a usuarios nómadas.," Cuarto Congreso Colombiano de Computación 4CCC., 2009.
- [89] H-P Chang, C-C Wang, T K. Shih, L R. Chao, S-W Yeh, C-Y Lee, "A Semiautomatic Content Adaptation Authoring Tool for Mobile Learning". Springer Berlin / Heidelberg: Lecture Notes in Computer Science, 2008.
- [90] E. Sanchez, E. Cambranes, V. Menendez, "Adapting Mobile Access Scheme for a Legacy e-Learning Platform," Mexican International Conference on Computer Science. IEEE., pp. 96-103, 2008.
- [91] L. Kerr, "Developing compact disc-interactive as an information system for deaf and disabled people ," Information Access for People with Disability, IEEE Colloquium , pp. 1-6, 1993.
- [92] S. Burgstahler, "Increasing the Participation of People with Disabilities in Computing Fields," IEEE Computer Society, pp. 94-97, 2007.
- [93] K.D. Roberts, "Voice recognition software as a compensatory strategy for postsecondary students with learning disabilities," IEEE Computers in Education, pp. 1506-1507, 2002.
- [94] J. Cartel and M. Markel, "Web accessibility for people with disabilities: an introduction for Web developers," IEEE Transactions on Volume 44, pp. 225-233, 2001.
- [95] J. Treviranus, "Adding haptics and sound to spatial curriculum," IEEE Transactions, 2000.
- [96] H. Prendinger, A. Hyrskykari, M. Nakayama, I. Howell, N. Bee, "Attentive interfaces for users with disabilities: eye gaze for intention and uncertainty estimation," Springer-Verlag 2009, vol. 8, pp. 339-354, 2009.
- [97] Theodoros N. Arvanitis, Argeroula Petrou, James F Knight, and Savas Stavros, "Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities.," Springer-Verlag, vol. 13, no. 3, pp. 243-250, 2009.
- [98] J. Sánchez, "Audiomemorice: Desarrollo de la memoria de niños con discapacidad visual a través de audio," in Taller Internacional de Software Educativo. 2003, Chile, 2003, pp. 40-65.
- [99] A. Rodriguez-Ascaso, O. Santos, E. Del Campo, "Personalised Support for Students with Disabilities Based on Psychoeducational Guidelines," IEEE, 2005.
- [100] M. Harrison, C. Stockton, and E. Pearson, "Inclusive, Adaptive Design for Students with Learning Disabilities," IEEE, 2008.

- [101] M. Davis, C. Dautenhahn, C. Nehaniv, and S. Powell, "Towards an Interactive System Eliciting Narrative Comprehension in Children with Autism: A Longitudinal Study," Adaptive Systems Research Group, pp. 101-114, 2008.
- [102] M. Panselina, "Design and Development of a Bilingual Multimedia Educational Tool for Teaching Chemistry Concepts to Deaf Students in Greek Sign Language," Education and Information Technologies. Springer, pp. 1360-2357 (Print) 1573-7608 (Online), 2002.
- [103] J. Mezak and Natasa Hoic-Bozic, "Adaptive and Context-Aware Hypermedia Model for Users with Communication Disabilities," HCI related papers of Interacción 2004, pp. 19-28, 2006.
- [104] A. Ismail, O. Nazlia, and M. Abdullah, "Developing Learning Software for Children with Learning Disabilities through Block-Based Development Approach," Electrical Engineering and Informatics, 2009. ICEEI '09. International Conference on , pp. 299-303, 2009.
- [105] R. Khlaikhayai, C. Pavaganun, B. Mangalabruks, and P. Yupapin, "An Intelligent Walking Stick for Elderly and Blind Safety Protection," The 2nd International Science, Social Science, Engineering and Energy Conference 2010 (I-SEEC 2010), pp. 313-316, 2010.
- [106] G. Lancionim, "Post-coma persons with extensive multiple disabilities use microswitch technology to access selected stimulus events or operate a radio device," Research in Developmental Disabilities, vol. 32, no. 5, pp. 1638-1645, 2011.
- [107] C. Li-Tsang, M. Lee, S. Yeung, A. Siu, . C Lam, "A 6-month follow-up of the effects of an information and communication technology (ICT) training programme on people with intellectual disabilities," Research in Developmental Disabilities, vol. 28, no. 6, pp. 559-566, 2007.
- [108] S. Choi, "A Concept Map-Based Adaptive Tutoring System Supporting Learning Diagnosis for Students with Learning Disability," Lecture Notes in Computer Science, pp. 627-638, 2004.
- [109] Olga C. Santos, Jorge Couchet, and Jesus G. Boticario, "Personalized e-learning and e-mentoring through user modelling and dynamic recommendations for the inclusion of disabled at work and education," IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 514-518, 2009.
- [110] Y. Mohamad, C. Velasco, D. Sylvia, and H. Tebarth, "Cognitive Training with Animated Pedagogical Agents (TAPA) in Children with Learning Disabilities," Computers Helping People with Special Needs, pp. 629-635, 2004.
- [111] Augusto E. Bemuy and Victor M. Garcia, "Collaboration Model in E-Learning for Universities Based on Agents," Education for the 21st Century — Impact of ICT and Digital Resources, pp. 267-271, 2006.
- [112] J. Torrente, P. Moreno-Ger, and B. Fernandez-Manjon, "Learning Models for the Integration of Adaptive," Edutainment 2008, LNCS 5093, pp. 463-474, 2008.

- [113] A. Chee Siang and R. Krishna Rao, "E-learning as Computer Games: Designing Immersive and Experiential Learning," LNCS 3332, pp. 633-640, 2004.
- [114] A. Ortiz, D. Oyarzun, and M. Carretero, "ELEIN: E-Learning with 3D Interactive Emotional Agents," *Learning by Playing. Game-based Education System Design and Development*, pp. 294-305, 2009.
- [115] G. N. Aranda, A. Vizcaíno, A. Cechich, and M. Piattini, "A Cognitive Perspective for Choosing Groupware Tools and Elicitation Techniques in Virtual Teams," LNCS 3480, pp. 1064 – 1074, 2005.
- [116] J. Sanchez and J. Miranda, "Meaning Making Through e-Learning," *Education for the 21st Century — Impact of ICT and Digital Resources*, pp. 185-194, 2006.
- [117] P. Kirschner, J. Strijbos, K. Kreijns, P. Beers, "Designing Electronic Collaborative Learning Environments," *Educational Technology Research and Development*, pp. 47-66, 2006.
- [118] G.E. Lancioni and D. Bellini, "Camera-based microswitch technology for eyelid and mouth responses of persons with profound multiple disabilities: two case studies.," *Journal of Behavioral Education*, vol. Elsevier, pp. 4-14, 2010.
- [119] C. Buche, R. Querrec, P. De Loor, and P. Chevaillie, "MASCARET: A Pedagogical Multi-Agent System for Virtual Environment for Training," *Laboratory of Software Engineering Ecole Nationale d'Ingénieurs de Brest F*, pp. 41-61, 2008.
- [120] C. Jiuxin, M. Bo, and L. Junzhou, "The Self-adaptive Framework of Learning Object Based on Context," *International Conference on Computer Science and Software Engineering*, pp. 941-944, 2008.
- [121] M. Chien Yang, "An Adaptive Framework for Aggregating Mobile Learning Materials," *Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007)*, pp. 180-182, 2007.
- [122] U. Khalid, A. Basharat, A. Shahid, S. Hassan, "An Adaptive E-learning Framework to supporting new ways of Teaching of Teaching and Learning," *IEEE*, pp. 300-306, 2009.
- [123] M. Sasakura . S. Yamasaki, "A Framework for Adaptive e-Learning Systems in Higher Education with Information Visualization," *11th International Conference Information Visualization (IV'07)*, pp. 819-824, 2007.
- [124] M. Siadaty and F.Taghiyareh, "PALS2: Pedagogically Adaptive Learning System based on Learning Styles," *Seventh IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2007)*, pp. 616-618, 2007.
- [125] X. Zhao, T. Nonimiya, "A Context-Aware Prototype System for Adaptive Learning Content in Ubiquitous Environment," *IEEE*, pp. 164-168, 2008.
- [126] N. Muangnak, W. Pukdee, and T. Hengsanunkun, "Classification Students with Learning Disabilities Using Naive Bayes Classifier and Decision Tree," *Networked Computing and Advanced Information Management (NCM), 2010 Sixth International Conference on*, pp. 189-192, July 2010.

- [127] K. Katayama, T. Koshiishi, . H. Narihisa, "Reinforcement learning agents with primary knowledge designed by analytic hierarchy process," Proceedings of the 2005 ACM symposium on Applied computing, vol. ACM, pp. 14-21, 2005.
- [128] S. Nikou, J. Mezei, and H. Bouwman, "Analytic Hierarchy Process (AHP) Approach for Selecting Mobile Service Category," Mobile Business (ICMB), 2011 Tenth International Conference on, vol. IEEE, pp. 119-128, June 2011.
- [129] P.M. Stanic, Z. Covic, and B. Kiss, "Fuzzy multicriteria analysis of m-learning system," Intelligent Systems and Informatics (SISY), 2012 IEEE 10th Jubilee International Symposium on, vol. IEEE, pp. 357-360, Sep. 2012.
- [130] G. Eichler, K. Lüke, "A personalized recommendation community framework for user self-controlled edutainment," INTED2009 Proceedings, pp. 4744-4753, Mar. 2009.
- [131] T-Ch Hsieh, T-I Wang, C-Y Tzone-I, and M-C Lee, "A Fuzzy Logic-based Personalized Learning System for Supporting Adaptive English Learning," Educational Technology & Society, pp. 273-288, 2012.
- [132] D. Shee, . Y-S Wang, "Multi-criteria evaluation of the web-based e-learning system: A methodology based on learner satisfaction and its applications," Computers & Education, vol. Elsevier, pp. 894-905, 2006.
- [133] S. Ozdemir, "Using Multimedia Social Stories to Increase Appropriate Social Engagement in Young Children with Autism," Online Submission, 2008.
- [134] R. Morris, C. R Kirschbaum, .R. W Picard, "Broadening accessibility through special interests: a new approach for software customization," Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility, vol. ACM , pp. 171-178, 2010.
- [135] I. Hatzilygeroudis, J. Prentzas, "Knowledge Representation Requirements for Intelligent Tutoring Systems," Intelligent Tutoring Systems, vol. LNCS 3220, pp. 87-97, 2004.
- [136] D. Lancheros, A. Carrillo, and J Lara, "ALSHI: Adaptive Learning System for Hearing Impaired," 6th Colombian Computing Congress, pp. 1-5, 2011.
- [137] Ch. Shih, M. Chang, and Ch. Shih, "Assisting people with multiple disabilities and minimal motor behavior to improve computer pointing efficiency through a mouse wheel. In: Research in Developmental Disabilities," Research in Developmental Disabilities, vol. Elsevier 30, no. 6, pp. 1378-1387, 2009.
- [138] S. Hadjileontiadou, G. Nikolaidou, L. Hadjileontiadis, and G.e Balafoutas, "A Fuzzy Logic Evaluating System to Support Web-based Collaboration Using Collaborative and Metacognitive Data," Proceedings of the The 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 96-100, July 2003.
- [139] D. Lancheros C. A. Carrillo Ramos, "Modelo adaptativo para la caracterización de dificultades/discapacidades en un ambiente virtual educativo," Dyna, vol. 79, no. 175, pp. 52-61, 2012.

- [140] E. Yourdon, *Modern Structured Analysis.*: Yourdon Press, 1989.
- [141] S.U. Khalid, "An adaptive E-learning Framework to supporting new ways of teaching and learning ," International Conference on Information and Communication Technologies, 2009. ICICT '09. , pp. 300-306, 2009.
- [142] M. Weil, E. Calhoun Bruce R. Joyce, *Modelos de Enseñanza.*: Gedisa, Editorial, S.A, 2002.
- [143] J. MacQueen, "Some methods for classification and analysis of multivariate ," Proceeding of the Fifth Berkeley Symposium on Math, Stat and Prob, pp. 281-296, 1967.
- [144] C.N. Schizas, C.S. Pattichis, and L.T. Middleton, "Neural networks, genetic Algorithms and the K-means Algorithm: In Search of Data Classification," International Workshop on Combinations of Genetic Algorithms and Neural Networks, 1992., COGANN-92. , pp. 201-222, 1992.
- [145] L. Maokuan, C. Yusheng, . Z. Honghai, "Unlabeled Data Classification via Support Vector Machines and k-means clustering," Proceedings of the International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization (CGIV'04), pp. 183-186, 2004.
- [146] H.-M. Lee, T. . Ching-Hao Mao, Yao-Jen Shih, and Pin-Jen Chen, "A Classifying Web Page Templates Model Based on Fuzzy K-Means Clustering Method," Automation Congress, 2006. WAC '06. World, pp. 1-6, 2006.
- [147] T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process," Int. J. Services Sciences, vol. 1, no. 1, pp. 83-98, 2008.
- [148] M. García Cascales, "Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión (S.A.D.) y "Soft Computing"," UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA, Cartagena, Tesis Doctoral 2009.
- [149] expertchoice. (2013) <http://expertchoice.com/>. [Online]. <http://expertchoice.com/>
- [150] I. Sommeerviller, *Ingeniería del software*. Madrid: Pearson, 2005.
- [151] A. Quintero, A. Letría. *Cuentos con pictogramas SPC*. [Online]. <http://micolederiogordo.wordpress.com/infantil-nosotros-tambien-leemos/cuentos-en-pictogramas/>
- [152] Recursosep ANAYA. Recursos sep [wordpress.com ANAYA](http://recursosep.wordpress.com/recursos-didacticos-interactivos/). [Online]. <http://recursosep.wordpress.com/recursos-didacticos-interactivos/>
- [153] Ministerio de Educación Nacional 1994. La Ley general de la ecuacion 115 de 1994. [Online]. <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-85906.html>.
- [154] M. Belinchon, J. Hernandez, and M. Sotillo, *Personas con síndrome de Asperger, Funcionamiento, Detección y Necesidades*. Madrid: Centro de Psicología Aplicada de la Universidad Autónoma de Madrid (CPA-UAM)., 2008.

- [155] A. Toshiya, G. Piotr, P. Andrzej, and P. Wierzbicki, "Distance and Electronic Learning," *Creative Environments Studies in Computational Intelligence*, vol. LNCS 59, pp. 321-350, 2007.
- [156] D. Lancheros- Cuesta, A. Carrillo, J. Lara, "Modelo de Adaptación en Ambientes Virtuales de Aprendizaje para Personas con Discapacidad," *Revista Avances en Sistemas e Informática*, vol. 8, no. 2, pp. 17-30, 2011.
- [157] E. Sanchez, E. Cambranes, . V.r Menendez, "Adapting Mobile Access Scheme for a Legacy e-Learning Platform," *Mexican International Conference on Computer Science*. IEEE., 2008.
- [158] Dokeos. <http://www.dokeos.com/es/productos>. [Online]. <http://www.dokeos.com/es/productos>
- [159] A. Molina, M. Ortega, "Task Modeling in computer Supported Collaborative. Learning Environments to Adapt to Mobile Computing," *Innovative Techniques in Instruction Technology, E-learning, E-assessment and Education*, pp. 786-794, 2008.
- [160] M Kirsch-Pinheiro, J Gensel, and H Martin, "Representing Context for an Adaptive Awareness Mechanism," in *Proceedings of the 10th international workshop on groupware (CRIWG 2004)*, vol. 3198, 2004, pp. 339-348.
- [161] V Anumolu, N. Bray, K. Reilly, "Neural Network Models of Strategy Development in Children," *Neural Networks*, vol. 10, no. 1, pp. 7-24, 1997.
- [162] S. Hadjileontiadou, Ge. Nikolaidou, L. Hadjileontiadis, and G. Balafoutas, "A Fuzzy Logic Evaluating System to Support Web-based Collaboration Using," *Proceedings of the The 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'03)*, pp. 1-5, 2003.
- [163] V. Georgopoulos, G. Malandraki, C. Stylios, "A fuzzy cognitive map approach to differential diagnosis of specific language impairment," *Artificial Intelligence in Medicine*, pp. 261-278, 2003.
- [164] I. Sommerville, *Ingeniería del software*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN. S.A, 2005.
- [165] J.D. Meier Carlos Farre Prashant Bansode Scott Barber Dennis Rea, *Performance Testing Guidance for Web Applications*, 2007 Microsoft Corporation.
- [166] Daniel Bentacur C., Julian Moreno, and Demetrio Arturo Ovalle, "Modelo para la recomendación y recuperación de objetos de aprendizaje en entornos virtuales de enseñanza/aprendizaje," *Revista Avances en Sistemas e Informática*, vol. 6, no. 1, pp. 45-56, Junio 2009.
- [167] Fransisco Javier Arias, Jovani Jimenez Builes, and Demetrio Arturo Ovalle, "Modelo de planificación instruccional en sistemas tutoriales inteligentes," *Revista Avances en Sistemas e Informática*, vol. 6, no. 1, pp. 155-164, June 2009.

- [168] Sergio Gómez, Panagiotis Zervas, Demetrios Sampson, and Ramón Fabregat, "Context-aware adaptive and personalized mobile learning delivery supported by UoLmP," *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 26, no. 1, pp. 47-61, Enero 2014.
- [169] Sergio Gómez, *Learning design implementation in adaptive and context-aware mobile learning*. Girona, España: Universidad de Girona, 2013.
- [170] Luis Guillermo Torres, "Agents for Enriched Services (AES): A generic agent - Based adaptation framework," 2011 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS), pp. 492-499, May 2011.
- [171] Jorge Bacallao, José Parapar de la Riestra, Mercedes Roque, and Jorge Bacallao Guerra, "Árboles de regresión y otras opciones metodológicas aplicadas a la predicción del rendimiento académico," *Educación Médica Superior*, June 2004.
- [172] Comunidad Europea. (2011) Proyecto Alternativa. [Online]. <http://sidar.org/alternativa/>
- [173] Silvia Baldiris, Sabine Graf, and Ramón Fabregat, "Dynamic user modeling and adptation based on learning styles for supporting semi-automatic generation of IMS learning design," *Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies ICALT*, pp. 218-220, 2011.
- [174] F.S. Mohamad, "Integrating an e-learning model using IRT, Felder-Silverman and neuronal network approach," *ICIA 2013 Second International Conference on Informatics and Applications*, 2013.