




## **Raim: framework para la inclusión adaptativa en entornos educativos para todos**

### **Raim: Framework for Adaptive Inclusion in Educational Environments for All**

Valentina Tabares-Morales <sup>1</sup>,  
Néstor Duque-Méndez  y  
Ramón Fabregat-Gesa <sup>3</sup>

Recibido: 04 de septiembre de 2019

Aceptado: 05 de diciembre de 2019

---

#### Cómo citar / How to cite

V. Tabares-Morales, N. Duque-Méndez, R. Fabregat-Gesa, “Raim: framework para la inclusión adaptativa en entornos educativos para todos”, *TecnoLógicas*, vol. 23, no. 47, pp. 179-196, 2020. <https://doi.org/10.22430/22565337.1495>



- <sup>1</sup> PhD. en Ingeniería – Industria y Organizaciones, Departamento de Informática y Computación, Universidad Nacional de Colombia, Manizales-Colombia, [vtabaresm@unal.edu.co](mailto:vtabaresm@unal.edu.co)
- <sup>2</sup> PhD. en Ingeniería, Departamento de Informática y Computación, Universidad Nacional de Colombia, Manizales-Colombia, [ndduqueme@unal.edu.co](mailto:ndduqueme@unal.edu.co)
- <sup>3</sup> PhD. en Ingeniería Industrial, Instituto de Informática y Aplicaciones, Universidad de Girona, Girona-España, [ramon.fabregat@udg.edu](mailto:ramon.fabregat@udg.edu)

## Resumen

En los ambientes educativos existe una gran diversidad en las características y necesidades de los estudiantes. Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) han logrado mejoras relevantes en diferentes actividades humanas y esas posibilidades podrían ser aprovechadas en procesos educativos que reconozcan las particularidades de los estudiantes y su contexto. Uno de los enfoques con mayor preponderancia son los sistemas adaptativos en educación, sin embargo, las expectativas aún no se han llenado, debido a problemas como falta de esquemas genéricos de personalización y de disponibilidad de contenidos educativos adecuados a las condiciones específicas y dificultades en la captura y actualización del perfil del estudiante y de implementación en plataformas reales. Esto se manifiesta con mayor fuerza en el caso de estudiantes con necesidades especiales de educación, cuando el no reconocimiento de sus necesidades y preferencias puede incluso excluirlos de los ambientes educativos. El trabajo presentado en este artículo propone un *framework* que permite, a través de un proceso de inclusión adaptativa, generar entornos educativos para todos. El *framework* se entiende como un conjunto de lineamientos de trabajo divididos en módulos, que proporcionan herramientas para la gestión de modelos en cada uno. Se presenta una plataforma tecnológica que implementa el modelo conceptual y se evalúa a través de una metodología propuesta para este tipo de sistemas, con lo cual se obtienen resultados satisfactorios, pero con posibilidades de mejora. Uno de los aportes relevantes de la propuesta es que el modelo puede ser implementado bajo diferentes enfoques, características y tecnologías, mientras que se guarde la coherencia entre los diferentes elementos que lo componen.

## Palabras clave

Sistema adaptativo, inclusión educativa, TIC en educación, plataforma educativa, necesidades especiales en educación.

## Abstract

In educational environments, students' characteristics and needs are greatly diverse. Information and Communication Technologies (ICTs) have achieved significant improvements in different human activities, and their possibilities could be exploited in educational processes that acknowledge students' particularities and context. In education, adaptive systems constitute one of the most widely adopted approaches; however, expectations of the community have not yet been fulfilled due to problems such as the lack of generic customization schemes, difficulties in capturing and updating students' profile, lack of availability of educational content appropriate for specific conditions, and complexity of implementation in real platforms. This situation manifests itself more clearly in the case of students with special educational needs, in which not recognizing their needs and preferences may even result in their exclusion from educational environments. This article proposes a framework to generate educational environments for all by implementing an adaptive inclusion process. Such framework is defined as a set of work guidelines divided into modules, which provide tools for the management of models in each one of the modules. A technological platform that implements the *framework* is presented and evaluated applying a methodology proposed for this type of systems. Although they can be improved, satisfactory results were obtained. One of the most relevant contributions of this proposal is that the model can be implemented adopting different approaches, characteristics, and technologies as long as the coherence between the various elements that compose it is maintained.

## Keywords

Adaptive system, educational inclusion, ICTs in education, educational platform, special needs in education.

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las grandes posibilidades, producto de la unión entre las tecnologías y la educación, es ofrecer a los estudiantes ambientes personalizados con base en sus necesidades y preferencias, conocidos como adaptativos, dada la posibilidad de responder de forma automática a estas condiciones [1]-[3]. En un sistema adaptativo, se construye un modelo de los objetivos, las preferencias y el conocimiento de cada usuario, de forma individual, y se desarrolla a través de las interacciones con el usuario con el fin de adaptarlo a sus necesidades [4].

Con los ambientes virtuales de aprendizaje adaptativos se busca ofrecer entornos formativos válidos y flexibles que apoyen el aprendizaje de los estudiantes con una serie de habilidades, intereses, antecedentes y otras características [5]. Estos deben permitir al estudiante opciones como la consulta del contenido, la interacción con actividades y la participación en procesos de evaluación que tengan en cuenta sus características, necesidades o dificultades [6].

Se han adelantado muchos trabajos sobre sistemas adaptativos en educación; sin embargo, aún no se han llenado las expectativas debido a problemas como la falta de esquemas genéricos de personalización [7]-[9] y de disponibilidad de contenidos educativos especializados [10] y las dificultades en la captura y actualización del perfil del estudiante [11].

La diversidad de los estudiantes es innegable; en esa medida, se requiere que las plataformas que apoyan la educación sean inclusivas y accesibles y eviten barreras que impidan a los estudiantes con necesidades especiales acceder a los contenidos y otras herramientas disponibles [12]-[14].

Trabajos como el presentado en [15] evidencian el desarrollo de ambientes computacionales específicos para personas con discapacidad. Esta propuesta utiliza

tecnologías semánticas para la recomendación de las ofertas de trabajo que mejor se adecúen al perfil de los usuarios. En [16] se presenta un modelo adaptativo que permite la selección de material educativo ajustado a las necesidades particulares de los estudiantes con y sin discapacidad. Para este fin, se adapta el despliegue de objetos virtuales de aprendizaje asociados con temas, subtemas y actividades. Además, en [17] se plantea una propuesta de adaptación para sitios web que presentan recursos educativos digitales, asociada con accesibilidad, usabilidad y la arquitectura de la información basada en los metadatos. De este modo, se expone al usuario un abanico de perfiles de discapacidad y, a partir de su selección, el sistema podrá personalizar tanto el contenido como la interfaz.

En este contexto, un *framework* puede verse como un conjunto de lineamientos de trabajo divididos en módulos, en cada uno de los cuales se proporcionan herramientas para la gestión de modelos. Para su construcción, se define una arquitectura conceptual, que abstrae los detalles técnicos, y luego es asignada a un diseño técnico [18].

En esta propuesta, se presenta un *framework* que permite aprovechar diferentes tecnologías, para apoyar los procesos educativos de personas con alguna necesidad especial. Esto facilita su acceso a los sistemas mediante interfaces sencillas [19], que disponen de recursos educativos acordes a las preferencias y exigencias.

Se evalúa la propuesta a través de una metodología, gracias a la cual se puede concluir que se cumplen las expectativas de los usuarios en cuanto a la posibilidad de aprovechar los recursos educativos y que estos sean entregados de manera personalizada.

El artículo se organiza de la siguiente forma: en la Sección 2 se, presenta el modelo conceptual del *framework* propuesto, y en la Sección 3, la plataforma

tecnológica que lo implementa. El proceso de evaluación se encuentra en la Sección 4, seguido de las conclusiones y los trabajos futuros.

## 2. MODELO CONCEPTUAL

El modelo conceptual propuesto está orientado al aprovechamiento de las tecnologías emergentes para la creación, almacenamiento, búsqueda, recuperación, visualización y adaptación de recursos educativos, que apoyen procesos de inclusión con características de adaptabilidad, es decir, que modifiquen de forma automática elementos del entorno, de acuerdo a los requerimientos y preferencias de los usuarios, especialmente cuando se trata de algunas necesidades especiales en educación.

La adaptabilidad de un sistema puede entenderse como la capacidad para adaptar

de forma dinámica su conducta a los requerimientos de la interacción del usuario. Para esta propuesta, se ha tomado el esquema presentado en [1], que ha sido ampliado con el factor relevante de las tecnologías, las cuales pueden potenciar el proceso de personalización y dar lugar a la implementación de diversas estrategias. En la Fig. 1 se presenta de forma gráfica este enfoque.

A partir de este enfoque general, se propone un *framework* que brinda lineamientos para el desarrollo de sistemas adaptativos en educación y la libertad de definir las características del usuario que guiarán el proceso de adaptación para cada caso específico: qué elementos del dominio serían incluidos (objetivos, actividades, tipos de recursos), qué tecnologías se aprovecharían para las estrategias de adaptación y qué tipo de herramientas se utilizarían para su aplicación.

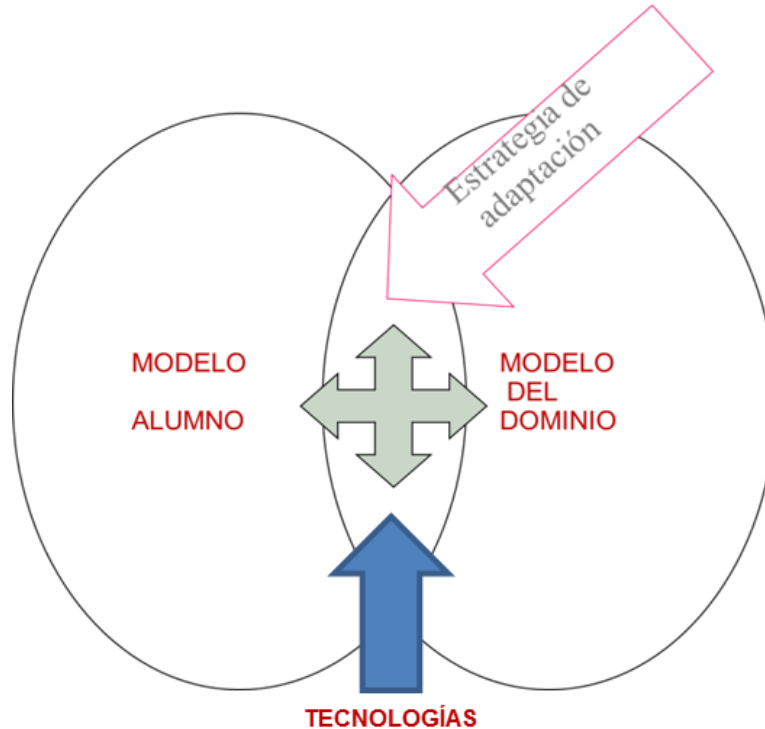


Fig. 1. Modelo general para el sistema adaptativo. Fuente: adaptado de [1].

Así mismo, en la Fig. 2 se presenta el esquema general del *framework* propuesto, compuesto por un modelo adaptativo y un modelo de aplicación, detallados a continuación.

El Modelo Adaptativo es un modelo multidimensional por capas, que da gran versatilidad a la propuesta. Las dimensiones corresponden a las características asociadas al *perfil* del estudiante, los *componentes* a adaptar y las *tecnologías* que soportan la adaptación. Cada dimensión está compuesta por diferentes capas que corresponden a características específicas, las cuales se pueden analizar de forma independiente o superpuestas en un enfoque integrado, según las necesidades de adaptación.

El modelo no está sujeto a un estándar, visión, enfoque o tecnología, y, dada la concepción expresada, puede seguir

creciendo en dimensiones, pero fundamentalmente en capas, según los intereses y condiciones específicas.

La cara del cubo referente al perfil del usuario representa las características relevantes que determinan las adaptaciones a realizar; además, especifican los elementos o componentes que pueden ser cambiados en beneficio del usuario, a partir del reconocimiento de sus particularidades. Las tecnologías son incluidas, dado que no son únicamente herramientas externas, sino que, para el modelo, son un factor fundamental, a fin de lograr el objetivo de personalización.

En la Fig. 3, se exponen con mayor detalle las posibles capas en cada una de las dimensiones, las cuales se han definido teniendo en cuenta el enfoque de inclusión adaptativa al que aspira el *framework* propuesto y el aprovechamiento de diversas tecnologías de punta.

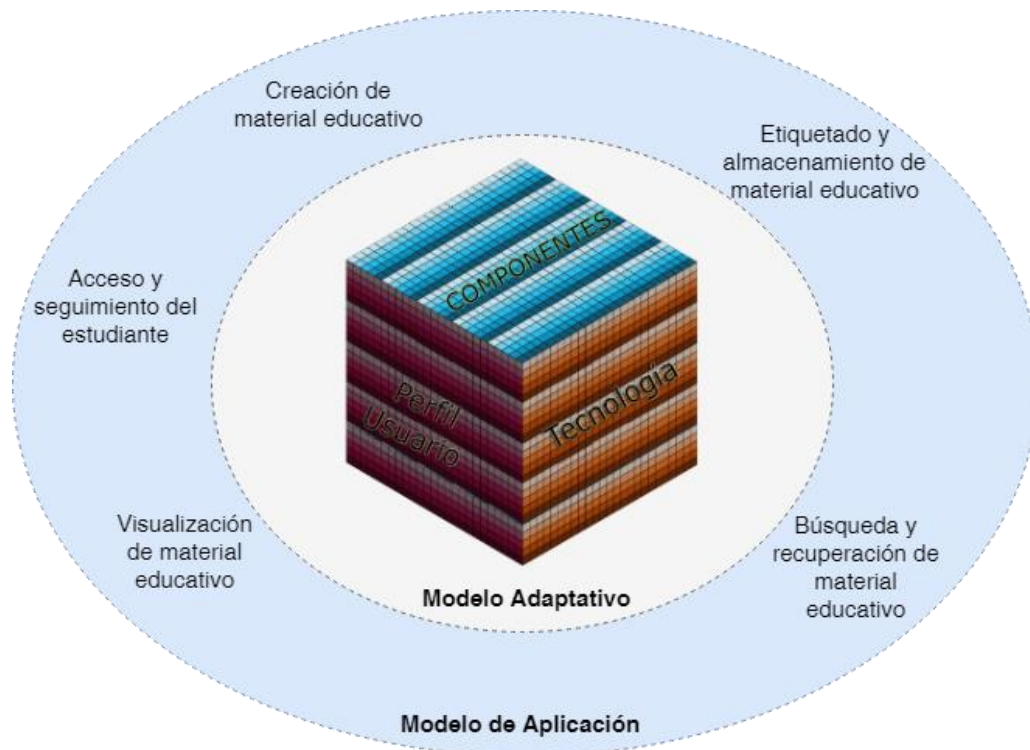


Fig. 2. Esquema general del *framework* propuesto  
Fuente: elaboración propia.

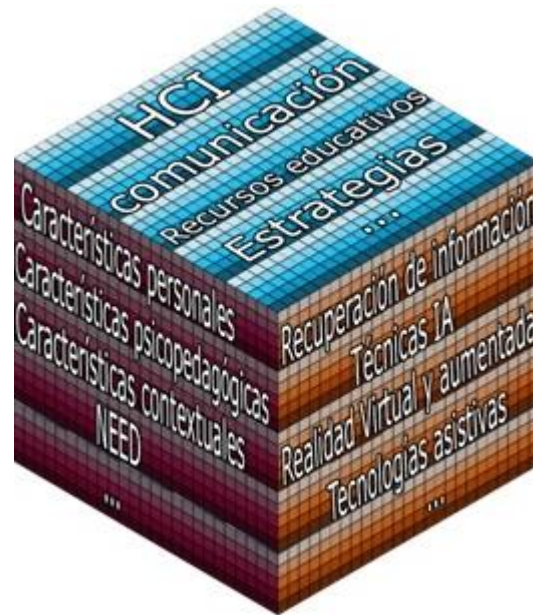


Fig. 3. Modelo adaptativo multidimensional con detalles en las dimensiones  
Fuente: elaboración propia.

Para la dimensión del Perfil de Usuario, se han definido las características más relevantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje y se han recogido modelos de usuario, diseñados en proyectos anteriores de los autores, con algunas modificaciones vinculadas al enfoque de la propuesta. A su vez, cada una de las capas presentadas para esta dimensión, en la Fig. 3, contienen varias características específicas y guardan independencia entre ellas, por lo cual pueden ser adoptadas según los intereses particulares al momento de la implementación. Asimismo, pueden ser acordes con las condiciones específicas de los alumnos, pero sin descuidar los objetivos educativos propuestos.

Algunas de estas características se exponen con mayor amplitud en la Fig. 4, que sugiere un modelo de estudiante que busca atender las necesidades y preferencias tanto desde el punto de vista académico como de inclusión.

Este modelo de estudiante está conformado por cuatro categorías que reúnen las principales características a tener en cuenta para el proceso de adaptación. La primera corresponde a los

datos personales del estudiante, los cuales son utilizados para su identificación en el sistema; los demás elementos como la edad y el idioma son un criterio que se estima para la recuperación de material educativo.

Las características psicopedagógicas están asociadas con el nivel educativo del estudiante, ya que los contenidos pueden ser de la misma temática, pero pueden variar en su profundidad, de acuerdo al nivel para el que han sido construidos.

En esa medida, son un factor clave para la selección de los mismos. Esta categoría también contiene el estilo de aprendizaje como un indicador clave de la forma en que el estudiante percibe y procesa mejor la información. Con este objeto, se propone el uso de una combinación entre los modelos de VARK [20] y Felder y Silverman [21].

La categoría denominada como NEED corresponde a aquella en la que se tienen en cuenta las Necesidades Especiales de Educación en la Diversidad, con el fin de que el entorno educativo y los materiales entregados puedan ser adaptados, de acuerdo a las necesidades de inclusión concretas del usuario.

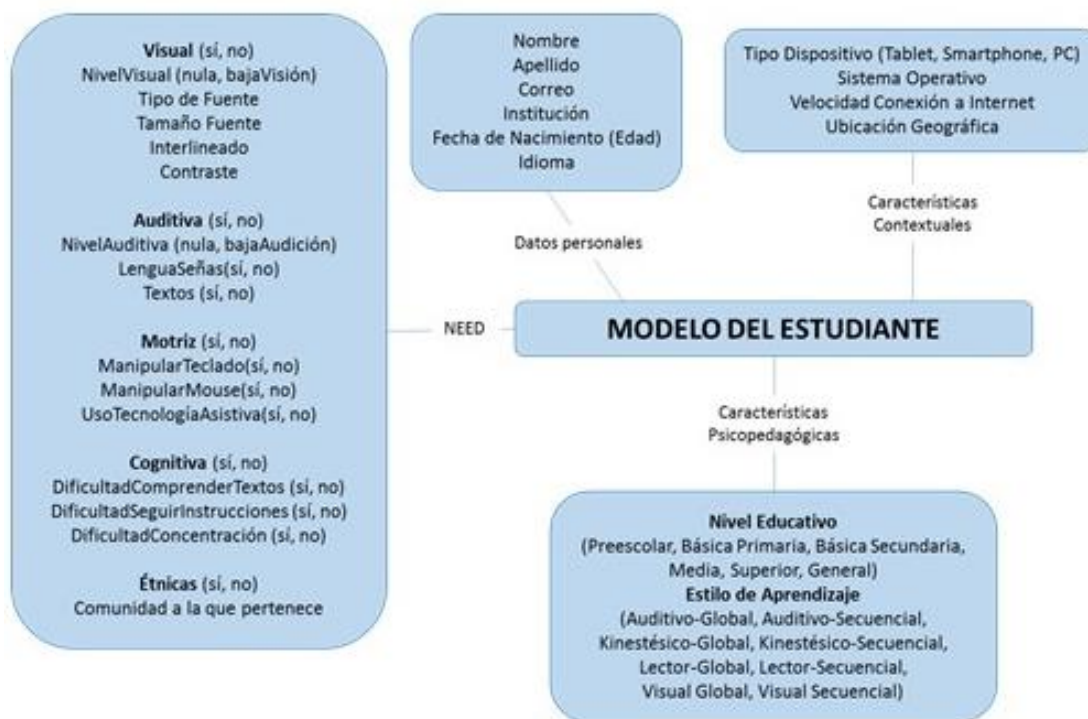


Fig. 4. Modelo del estudiante (detalle dimensión Perfil de Usuario)  
Fuente: elaboración propia.

El objetivo es identificar si el usuario presenta alguna discapacidad (visual, auditiva, motriz o cognitiva) o necesidad étnica. Según lo indicado por el usuario, se determinan características adicionales para cada caso, asociadas principalmente con la forma en que este interactúa con el sistema, el tipo de contenido más adecuado y los requerimientos para su presentación.

Finalmente, la categoría de características contextuales permitiría una mayor adaptación, con base en los elementos externos al usuario, pero que afectan su interacción con el sistema, como el dispositivo desde el que accede, la velocidad de conexión, el sistema operativo y la zona geográfica donde se encuentra.

Se recomienda considerar varios métodos para la captura de estos datos y su posterior actualización, con el fin de que se desarrolle tanto de forma explícita — que el usuario pueda suministrar la información a través de formularios—

como de forma implícita —que pueda recurrir a técnicas programadas como captura de clics, *cookies*, historiales, etc.—.

El modelo del estudiante ha sido detallado, debido a la gran importancia que tiene para el proceso de adaptación, ya que es precisamente este el que determina cuándo hacer las adaptaciones. Las otras dimensiones dependen de estas características. En el caso de la Fig. 3, en la dimensión de componentes, se han detallado capas asociadas con interfaces HCI (Human-Computer Interaction), los mecanismos de comunicación, los tipos de recursos educativos y las estrategias educativas; mientras que, en la dimensión de tecnología, se incluyen capas para los algoritmos de recuperación de información, la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial (IA), de realidad virtual y aumentada, y la incorporación de tecnologías asistivas.

En la Fig. 5, se presentan ejemplos de posibles detalles adicionales para las dimensiones del modelo adaptativo, lo que demuestra su versatilidad. Si se desea ampliar o explotar una capa en particular, esta contendrá subcapas que pueden asociarse con las demás dimensiones.

En caso de que, en la dimensión del Perfil de Usuario, se detallara más la capa asociada con NEED, se podría obtener la Fig. 5. Esto hace que las capas de las dimensiones de Componentes y Tecnologías requieran también mayor detalle. Específicamente, se ha detallado la capa HCI de la dimensión de componentes y se han especificado diferentes características de la interfaz, que podrían ser adaptadas. Así mismo, en la dimensión de Tecnologías, se resaltan las tecnologías asistivas como la capa que podría dar mayor soporte a las otras.

Como se aprecia, es posible llegar a altos niveles de detalle y mantener la estructura del sistema que replica los niveles superiores. Por otro lado, según el interés y las necesidades, las capas en las

dimensiones pueden tener otra orientación o enfoque, sin que se pierda la integridad del modelo. Esto también se traduce en posibilidades de escalabilidad y en la independencia de dicho modelo para aquellos amplios desarrollos tecnológicos que lo apliquen.

En cuanto al Modelo de Aplicación, se han contemplado las diferentes actividades asociadas con la gestión del material educativo y de los usuarios estudiantes, debido a que cada una de ellas requiere herramientas que cumplan con características acordes con los elementos del modelo de adaptación. Igualmente, es importante tener en cuenta las características asociadas al tipo de material educativo, los metadatos que lo describan efectivamente, dónde almacenarlos y dejarlos disponibles para su posterior uso, los algoritmos de búsqueda y recuperación utilizados y los mecanismos para una visualización adecuada con el tipo de tecnología que se quiera utilizar.



Fig. 5. Mayor nivel de detalle en modelo adaptativo  
Fuente: elaboración propia.



Para la creación del material educativo con el que se desee trabajar, es fundamental contar con herramientas de autor que faciliten este proceso, ya que los docentes no siempre acceden a equipos interdisciplinarios que apoyen esta labor y son ellos quienes deben construir su propio material. En este sentido, se recomiendan aquellas herramientas que permitan la construcción tanto de recursos de contenido como de actividades, que incluyan material multimedia diverso. Para el enfoque de esta propuesta, son fundamentales las herramientas que incorporen tecnologías asistivas y otros mecanismos que promuevan la inclusión como la lectura de pantalla y el contenido en lenguaje de señas, entre otros.

Un elemento relevante que puede apoyar el proceso de adaptación, es que aquellos recursos educativos que espera adaptar cuenten con metadatos que los describan; esto permitirá hacer una selección más adecuada de los mismos, según las preferencias y necesidades de los usuarios. Se espera que la herramienta utilizada para etiquetar los recursos y almacenarlos, tal como un repositorio, maneje un estándar de metadatos que faculte la descripción de los recursos desde el punto de vista educativo, pero dado el enfoque de inclusión adaptativa. Sin embargo, se requiere, además, que los metadatos como *tipo de presentación* (auditiva, textual, visual, etc.), *tipo de interacción* (teclado, mouse, reconocimiento de voz, etc.) y *tipo de adaptación* (alternativas textuales, alternativas auditivas, lenguaje de señas, subtítulos, etc.) sean incluidos.

El proceso de búsqueda y recuperación del material educativo debe ser soportado por herramientas que enriquezcan los resultados, de acuerdo a las preferencias y necesidades de los usuarios.

Por último, con el fin de lograr la aplicación del modelo de adaptación propuesto, es necesario contar con mecanismos que le permitan al usuario el

acceso y visualización del material educativo, así como su identificación, a fin de capturar sus características, preferencias y necesidades, a través de formularios y del seguimiento de sus interacciones. Dado que se busca adelantar un proceso de inclusión adaptativa, no es suficiente con que los recursos educativos sean adaptados, también es necesario que el entorno en el que se visualizan, y con el que interactúa el usuario, tenga posibilidades de ser adaptado.

### 3. PLATAFORMA TECNOLÓGICA

Con el fin de evidenciar las posibilidades de utilización del *framework* propuesto, se desarrolló una plataforma tecnológica que integra herramientas para la creación, etiquetado, almacenamiento, publicación, búsqueda, recuperación y adaptación de recursos educativos.

La plataforma desarrollada fue denominada RAIM y cuenta con usuarios docentes, a quienes se les presentan funcionalidades asociadas con la gestión de los recursos educativos, y usuarios estudiantes, a quienes se les entrega el material educativo de forma adaptada.

Para la dimensión Perfil de Usuario propuesta en el *framework*, fue implementado en la plataforma RAIM el modelo de estudiante, de acuerdo a las capas detalladas previamente. Se diseñó un formulario que permite identificar en cinco pasos las características, necesidades y preferencias de los usuarios estudiantes.

Además, a través de la plataforma, se hace seguimiento a las interacciones del usuario, lo que permite hacer algunas actualizaciones de su perfil.

En la Fig. 6, se presenta la interfaz de la plataforma donde se hace la captura del modelo de estudiante, específicamente, en el paso 4, que corresponde a las necesidades especiales en educación.

La plataforma RAIM recoge herramientas que atienden a los

requerimientos expuestos en el modelo de aplicación del *framework*, para lo cual aprovecha tecnologías web y de realidad aumentada, así como herramientas específicas y de material etnoeducativo para la creación de recursos educadores para personas con discapacidad visual y auditiva. Igualmente, se integran herramientas que permiten el etiquetado, almacenamiento, búsqueda y recuperación

de estos recursos. En la Fig. 7, se presenta la interfaz desde la cual se accede a las plataformas integradas.

A continuación, se describe brevemente cada una de las herramientas disponibles mediante la plataforma RAIM, las cuales fueron desarrolladas usando tecnologías de libre acceso y están disponibles para la comunidad [22]:



Fig. 6. Interfaz para captura del modelo del estudiante. Fuente: elaboración propia.

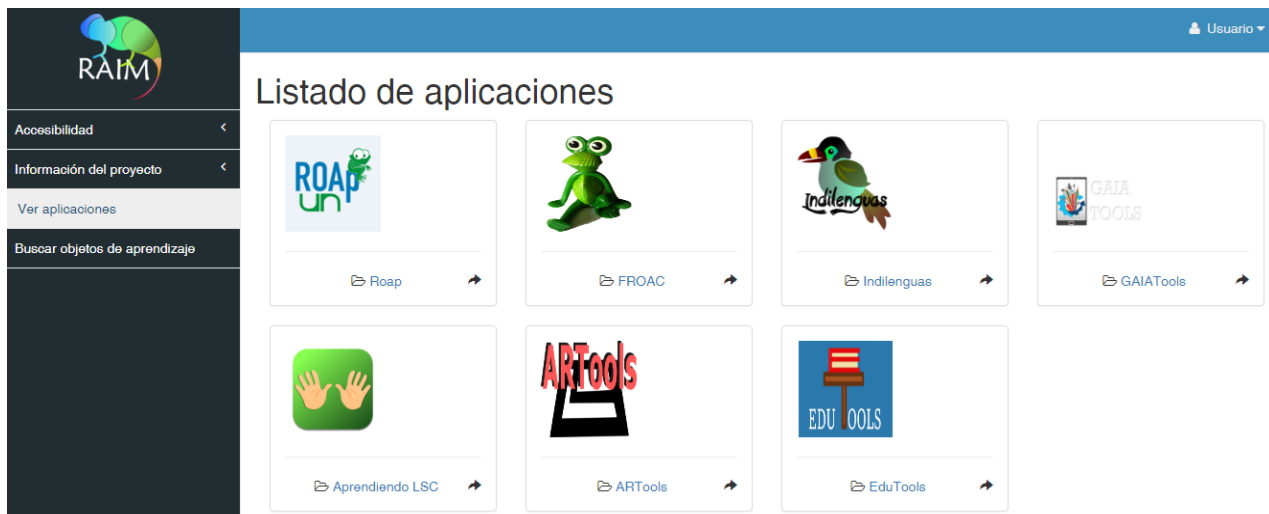


Fig. 7. Página principal de la plataforma RAIM. Fuente: elaboración propia.

**-EduTools:** esta herramienta de autor permite la creación de actividades educativas en HTML, con un editor que facilite el proceso de construcción para usuarios con pocos conocimientos técnicos.

Se pueden crear tres tipos de actividades diferentes: libro, contenido web y cuestionario.

**-GAIATools:** es una herramienta de autor para el desarrollo de objetos de aprendizaje orientados a estudiantes con discapacidad visual y auditiva, ya que ofrece mecanismos que facilitan la interacción con esta población. Ofrece la posibilidad de creación de cinco tipos diferentes de recursos, entre los que se incluyen, objetos de aprendizaje textuales, interactivos y tipo libro, entre otros.

**-ARTools:** esta herramienta es una novedosa propuesta que facilita la creación de material educativo gracias a tecnologías de realidad aumentada. Su utilización es posible sin la necesidad de que el docente tenga previo conocimiento de esta tecnología; así, genera recursos que permiten el aprendizaje activo de los estudiantes.

**-Indilenguas:** su principal objetivo es promover y preservar la lengua nativa de comunidades indígenas. La herramienta presenta actividades de aprendizaje con imágenes que representan algunos elementos como alimentos, vestuarios, alfabeto, números, audios en español y en lengua nativa —por el momento solo embera chamí—.

**-Aprendiendo LSC:** esta herramienta busca apoyar el aprendizaje de la Lengua de Señas Colombiana (LSC), por medio de actividades predefinidas para enseñar los números, el alfabeto, los alimentos, los animales y algunos objetos de la vida cotidiana. Además, a partir de las señas disponibles, permite la creación de objetos de aprendizaje.

**-ROAp:** se trata de un repositorio que faculta el etiquetado y almacenamiento de

recursos educativos, mediante el estándar LOM (*Learning Object Metadata*).

La herramienta cuenta con una extensión de metadatos de accesibilidad, lo que representa una solución importante para el enfoque de inclusión adaptativa pretendido con el *framework*.

**-Froac:** esta herramienta es una federación de repositorios de objetos de aprendizaje, que es un punto único de acceso a recursos educativos recogidos en diferentes almacenes. Precisamente, desde esta herramienta, la plataforma RAIM obtendrá los recursos que serán adaptados a las características de los estudiantes.

Como se presentó en la sección anterior, el elemento central de la propuesta es proveer un entorno educativo adaptativo, que personalice la recuperación de recursos educativos y reconozca las características del usuario. En la plataforma RAIM, se ha incorporado un sistema de reglas de producción, que son disparadas a partir de una petición de búsqueda de recursos hecha por el usuario. En la Fig. 8, se presenta la estructura general de las reglas y la forma en que son disparadas.

Las primeras reglas disparadas son las que permiten seleccionar los recursos que cumplen con el idioma y nivel educativo definidos por el usuario. Después, se verifica si el estudiante respondió “sí” en alguna de las necesidades especiales y se ejecutan las reglas para NEED; en caso contrario, se ejecutan las reglas para estilo de aprendizaje. El resultado final es la presentación de los recursos educativos almacenados en el repositorio y que cumplen con las condiciones asociadas al perfil del estudiante.

Finalmente, la plataforma RAIM posibilita la adaptación de preferencias respecto a su interfaz, en aspectos como tamaño de fuente, tipo de fuente, interlineado y contrastes, como se presenta en la Fig. 9.

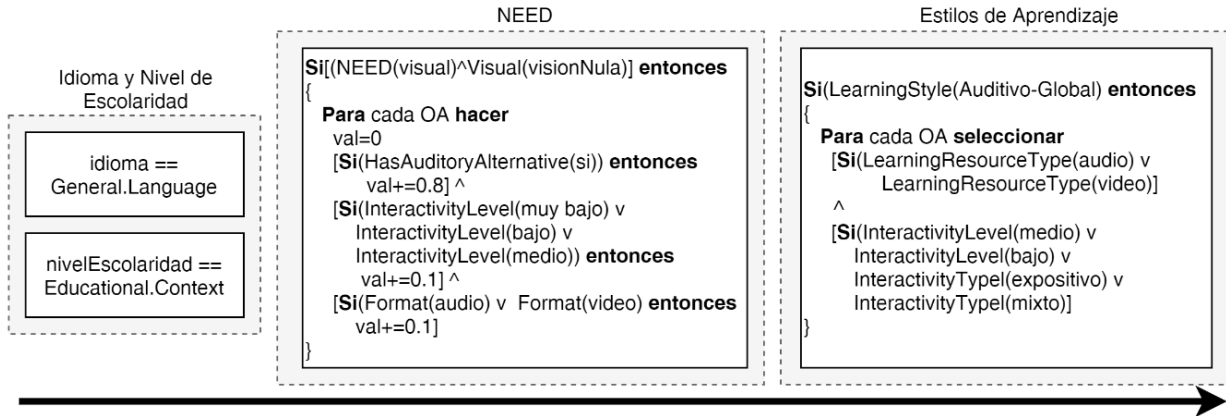


Fig. 8. Flujo de reglas de adaptación. Fuente: elaboración propia.

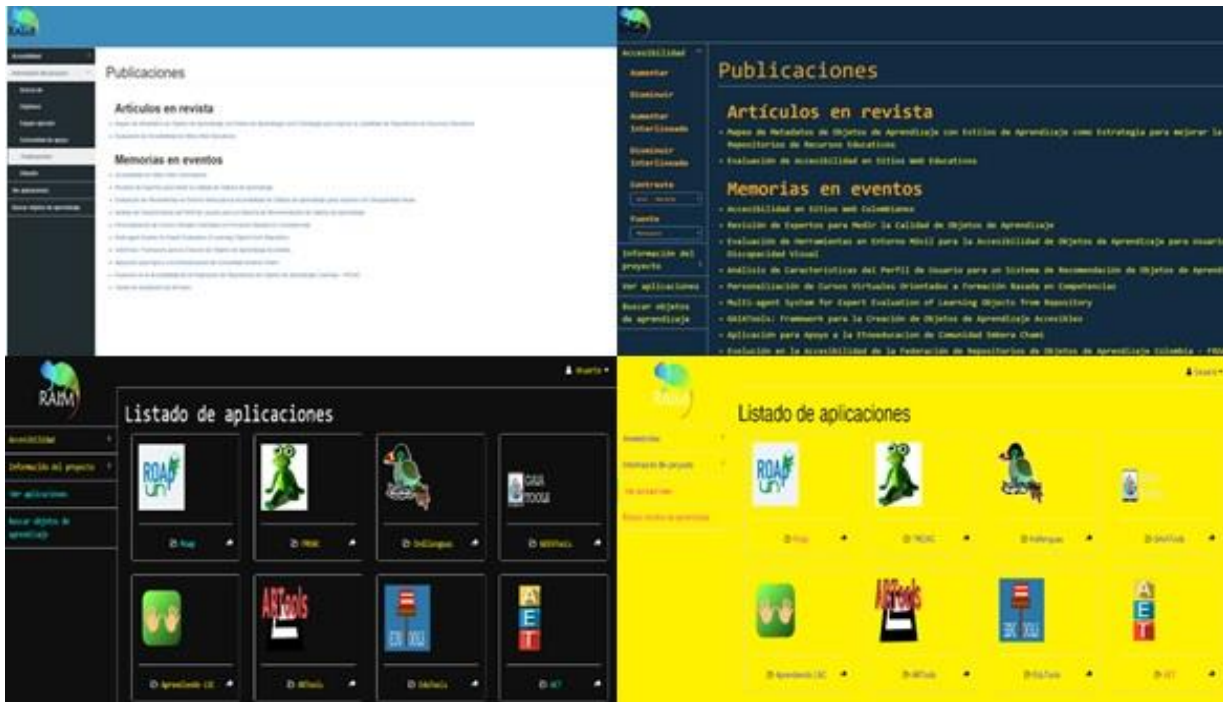


Fig. 9. Adaptaciones de interfaz. Fuente: elaboración propia.

Esto hace que el proceso de inclusión adaptativa se lleve a cabo tanto en términos del material educativo a entregar como en la interacción con la plataforma que presenta estos recursos. Es posible incorporar una mayor cantidad de elementos que puedan ser adaptados desde el punto de vista de la presentación, la navegación y el contenido.

#### 4. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA

Con base en la Metodología para evaluación de software educativo accesible, propuesta en [23], se evaluó la plataforma RAIM que implementa el *framework* propuesto.

La metodología se lleva a cabo en cuatro etapas. A continuación, se describe cada una de ellas y se exponen los resultados de su aplicación para la plataforma RAIM.

#### 4.1 Etapa desarrolladores

Esta evaluación es realizada por los integrantes del equipo que tuvo a cargo el desarrollo de la plataforma, herramienta o aplicación. Se busca identificar errores en el código fuente, navegabilidad, funcionalidad y accesibilidad. Para esta fase, se aplica una lista de chequeo que contiene 59 ítems, que se estructuran en cinco dimensiones, así: educativa (4), contenido (5), estética (6), funcionalidad (18) y accesibilidad (16).

Dado que el instrumento de evaluación fue construido de forma genérica para diferentes tipos de herramientas, se incluyen las opciones “cumple”, “no cumple” y “no aplica”. En la Tabla 1, se presentan los resultados obtenidos después de hacer la evaluación de la plataforma RAIM por parte del equipo de desarrollo, que estaba conformado por estudiantes del pregrado en Administración de Sistemas Informáticos y la Maestría en Ingeniería de Sistemas.

Tabla 1. Resultados etapa 1  
Fuente: elaboración propia.

Dimensiones	Cumple	No Cumple	No Aplica
Dimensión educativa	1	0	3
Dimensión contenido	5	0	0
Dimensión estética	6	0	0
Dimensión funcionalidad	7	2	9
Dimensión accesibilidad	9	4	3

Para la plataforma en evaluación, 15 de los ítems de la lista de chequeo no aplican, es decir, son aspectos que no se deben evaluar, porque no se requieren para esta herramienta específicamente. De los elementos evaluados, seis no cumplieron con lo requerido, por lo que fue necesario que los desarrolladores hicieran las correcciones pertinentes.

#### 4.2 Etapa personal técnico

En esta etapa se hace la evaluación utilizando el mismo instrumento definido para la etapa 1, pero aplicado por personal técnico con conocimientos en desarrollo de software, que no haya participado en la implementación de la herramienta a evaluar. El objetivo es identificar posibles problemas que podrían ser pasados por alto por los desarrolladores, debido a que ya han interactuado frecuentemente con la herramienta. Los resultados de esta etapa para la plataforma RAIM se presentan en la Tabla 2.

Además de la lista de chequeo, en esta etapa se solicita al evaluador que haga sugerencias respecto a la plataforma, que permitan mejorar el producto antes de ser presentado para evaluación en las siguientes etapas.

Tabla 2. Resultados etapa 2  
Fuente: elaboración propia.

Dimensiones	Cumple	No Cumple	No Aplica
Dimensión educativa	1	1	2
Dimensión contenido	5	0	0
Dimensión estética	6	0	0
Dimensión funcionalidad	9	1	8
Dimensión accesibilidad	9	2	5

#### 4.3 Expertos poblacionales

La evaluación realizada en esta etapa se lleva a cabo por personal con conocimientos propios del área o dominio de la aplicación, sin intervención del equipo desarrollador. Además, no se adelanta una capacitación previa, con el fin de determinar qué tan claras son las instrucciones de la herramienta y si puede ser utilizada sin ayuda.

En esta etapa, se entrega al evaluador un instrumento que solicita que sean

revisados cinco aspectos relevantes: facilidad de uso, accesibilidad, funcionalidad, posible utilidad y precisión en los resultados. En la medida en que el experto interactúa con la herramienta, se le solicita que haga recomendaciones y observaciones que permitan su mejoramiento antes de ser entregada al usuario final. En esta etapa, es indispensable solicitar al experto que haga la evaluación desde la perspectiva de la población a la que está dirigida.

Para el caso particular de la plataforma RAIM, participaron como expertos poblacionales personas con conocimientos en inclusión, accesibilidad y sistemas adaptativos. Específicamente, se contó con la participación de una persona con discapacidad visual, quien está presente en actividades de inclusión y accesibilidad con la comunidad, además de un estudiante de doctorado, que trabaja estos temas.

En la Tabla 3, se resumen los resultados de esta etapa. En términos generales, los expertos hicieron recomendaciones en cuanto a la navegación por teclado en algunas secciones de la plataforma, la forma como se visualizaban los resultados de las búsquedas del material educativo y la inclusión de un mecanismo que facilite determinar si las adaptaciones son adecuadas o no.

Una vez finalizada la etapa, es fundamental que se apliquen los cambios sugeridos y se haga una revisión general de la aplicación, con el fin de que se

encuentre completamente funcional para evitar errores cuando se evalúe con los usuarios finales.

#### 4.4 Usuarios finales

La última etapa corresponde a la evaluación con usuarios finales, para identificar aspectos asociados con la usabilidad y satisfacción del usuario, con la herramienta o aplicación desarrollada.

Se utiliza un instrumento con 20 preguntas, con una escala de calificación de 1 a 5, siendo 1 lo más bajo y 5 lo más alto. El instrumento está dividido por dimensiones, así: educativa (5), contenido (3), estética (3), funcional (4) y accesibilidad (5). También se plantean tres preguntas abiertas para identificar lo que más le agradó de la herramienta, lo que no le agradó de esta y observaciones o sugerencias.

La plataforma RAIM fue evaluada por 15 usuarios con características diversas.

De los participantes, cuatro poseían discapacidad visual, de los cuales dos son personas ciegas y dos son personas con baja visión con edades entre los 18 y 25 años. Dos eran usuarios con discapacidad auditiva con edades entre los 15 y 20 años, y nueve eran usuarios sin discapacidad, de grado séptimo de una institución educativa de la ciudad de Manizales, Colombia.

Los estudiantes con discapacidad (6) estaban cursando primeros semestres de diferentes carreras universitarias.

Tabla 3. Resultados etapa 3. Fuente: elaboración propia.

Expertos poblacionales	Aspectos que cumple	Aspectos que no cumple
Experto 1-investigador externo en el área de inclusión educativa y sistemas adaptativos.	3	2
Experto 2-persona con discapacidad visual, líder de asociación para esta población.	4	1
Experto 3-investigador externo en temáticas de accesibilidad y atención a la diversidad	4	0

En la Fig. 10, se presentan los resultados de la evaluación realizada, agrupados por pregunta, y se indica para cada opción el porcentaje de usuarios que la seleccionaron.

Para la dimensión educativa, que corresponde a las cinco primeras preguntas, se resaltan los resultados de la segunda y la tercera, asociadas con la posibilidad de volver a usar la herramienta y recomendarla a otras personas. En este punto, más del 60 % respondió con una calificación de 5 (completamente de acuerdo). Además, el 73 % está de acuerdo o completamente de acuerdo en que la plataforma apoya su proceso de aprendizaje y se adapta a sus necesidades.

En cuanto a la dimensión Contenido, los resultados de las preguntas 6, 7 y 8 presentan comportamientos similares, en tanto que indican que el contenido es claro, coherente y sin errores gramaticales/ortográficos. Solamente el 7 % afirmó estar en desacuerdo (calificación 2) en este aspecto, por lo que es necesario revisar los recursos educativos para

identificar dónde se presenta algún tipo de error.

La dimensión estética busca evaluar aspectos asociados con la interfaz, la forma como se presentan colores, imágenes y otros elementos multimedia, al igual que la tipografía, el color y el tamaño. Para las tres preguntas de la dimensión (9, 10 y 11), se resalta que más del 87 %, 73 % y 80 % respectivamente, se encontraban de acuerdo o completamente de acuerdo con estos aspectos.

Las preguntas de la 12 a la 15 corresponden a la dimensión funcional y están orientadas a evaluar la facilidad de uso, claridad de las instrucciones dadas, rendimiento de la herramienta y precisión en los resultados. Las preguntas 12 y 13 presentan un comportamiento similar con un 53 % de usuarios que indican estar de acuerdo (4) con los criterios y un 27 % completamente de acuerdo (5); mientras que, en las preguntas 14 y 15, un porcentaje más alto corresponde a la calificación 5, con el 53 % y 47 %.

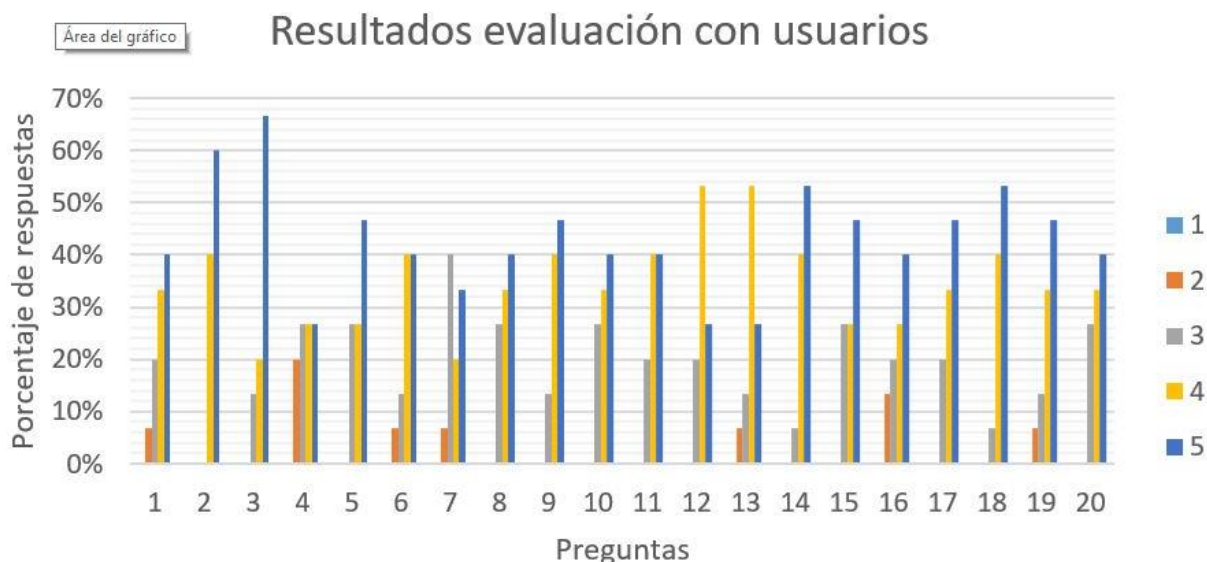


Fig. 10. Resultados evaluación etapa 4  
Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en los ítems que conforman la dimensión de accesibilidad, se evalúa la facilidad de navegación, la incorporación de herramientas asistivas, la estructura del sitio mediante pautas de accesibilidad y la forma como se presentan los elementos multimedia. En todas las preguntas, más del 40 % de los usuarios manifestaron estar completamente de acuerdo (5), lo que es una buena señal de que se cumple con criterios de accesibilidad en la plataforma.

Este es un resultado de gran importancia para apoyar procesos de inclusión educativa.

En la Fig. 11, se presenta evidencia fotográfica de la evaluación de la etapa 4, en la que los usuarios con diferentes perfiles interactúan con la plataforma RAIM y los recursos educativos disponibles a través de esta.

Dados los resultados obtenidos tanto en el cuestionario como en las preguntas abiertas, es posible concluir que la plataforma RAIM cumplió con las expectativas de los usuarios participantes en la evaluación, quienes manifestaron que sí lograron aprovechar los recursos educativos disponibles y que estos se entregaban de acuerdo a sus principales características. Se resaltó el nivel de accesibilidad de la plataforma y que se tuvieran en cuenta las necesidades especiales de educación (particularmente, de parte de los usuarios con discapacidad).

Sin embargo, se sugirió buscar estrategias para facilitar el proceso de registro, porque este puede ser un poco largo y podría desmotivar a los usuarios.



Fig. 11. Evidencia fotográfica de la evaluación en la etapa 4  
Fuente: elaboración propia.



## 5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Para poder diseñar e implementar un modelo adaptativo, se requiere definir el perfil del estudiante, los componentes de adaptación y los mecanismos que hagan posibles las adecuaciones necesarias, ajustadas a las condiciones específicas de cada usuario. Así mismo, estas deben estar soportadas en tecnologías que permitan conseguir ese objetivo, como quedó demostrado en la propuesta presentada en este trabajo.

El modelo propuesto mostró sus ventajas tanto en lo conceptual como en la experimentación, al permitir la inclusión de diferentes características y tecnologías en un proceso de adaptación, que va desde lo genérico hasta lo particular, incluidas las necesidades especiales generadas por alguna situación de discapacidad en los usuarios.

La mayor dificultad encontrada fue lograr establecer cuál es el tipo de adaptación requerida para cada característica de los usuarios.

Como trabajo futuro se propone mejorar los procesos de registro y captura de información de los usuarios. Además, implementar procesos adaptativos que mejoren la accesibilidad tanto de la plataforma como de los recursos educativos.

## 6. AGRADECIMIENTOS

El trabajo presentado en este artículo se enmarca en el proyecto “Tecnologías para apoyo a procesos de aprendizaje en la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales”, con código 44446, financiados por la Universidad Nacional de Colombia.

## 7. REFERENCIAS

[1] N. Duque y D. Ovalle, “Artificial Intelligence Planning Techniques For Adaptive Virtual

- Course Construction,” *Dyna*, vol. 78, no. 170, pp. 70–78, 2011. Disponible en: [URL](#)
- [2] J. M. Spector, “Emerging Educational Technologies and Research Directions,” *Educ. Technol. Soc.*, vol. 16, no. 2, pp. 21–30, 2013. Disponible en: [URL](#)
- [3] C. Wilson and B. Scott, “Adaptive systems in education: a review and conceptual unification,” *Int. J. Inf. Learn. Technol.*, vol. 34, no. 1, pp. 2–19, Jan. 2017. <https://doi.org/10.1108/IJILT-09-2016-0040>
- [4] P. Brusilovsky, “Adaptive Hypermedia,” *User Model. User-adapt. Interact.*, vol. 11, pp. 87–110, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1011143116306>
- [5] V. J. Shute y D. Zapata-Rivera, “Adaptive Educational Systems,” en *Adaptive Technologies for Training and Education*, Lesgold, Eds. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. pp. 7–27. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139049580.04>
- [6] D. Lancheros-Cuesta y A. Carrillo-Ramos, “Adaptive Model for the Characterization of Difficulties/Disabilities in a Virtual Education,” *Rev. Dyna*, vol. 79, no. 175, pp. 52–61, Sep. 2012. Disponible en: [URL](#)
- [7] N. Duque, “Modelo adaptativo multi-agente para la planificación y ejecución de cursos virtuales personalizados”, (Tesis Doctoral) *Univ. Nacional de Colombia*, Medellín, 2009, Disponible en: [URL](#)
- [8] J. Moreno, D. Ovalle, y R. Vicari, “Una Plataforma para la Implementación de Cursos en Línea Adaptativos: Descripción y Punto de Vista de los Docentes,” *Rev. Electrónica Investig. Educ.*, vol. 16, no. 3, pp. 103–117, Sep. 2014. Disponible en: [URL](#)
- [9] J. Carrillo, “E-learning Inteligente y Adaptativo, un Paso Más Hacia la Humanización y la Inclusión Educativa,” *Rev. Científica Electrónica Educ. y Comun. en la Soc. del Conoc.*, vol. 2, no. 14, pp. 1–4, Jul. 2014. Disponible en: [URL](#)
- [10] M. Uddin- Ahmed, N. Ahmed-Shangui y A. Mahmood, “A model of adaptive e-learning in an ODL environment”, *Mehran Univ. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 37, no. 2, pp. 367-382, Apr. 2018. <https://doi.org/10.22581/muet1982.1802.13>
- [11] P. Zervas, S. Sergis, D. G. Sampson, y S. Fyskilis, “Towards Competence-Based Learning Design Driven Remote and Virtual Labs Recommendations for Science Teachers,” *Technol. Knowl. Learn.*, vol. 20, pp. 185–199, Jul. 2015. <https://doi.org/10.1007/s10758-015-9256-6>
- [12] R. Fabregat y S. Baldiris, “Inclusión de la realidad aumentada en el aprendizaje virtual adaptativo, personalizado y para todos”, *Rev.*

- Magisterio*, 2018, Disponible en: [URL](#)
- [13] J. Treviranus, J. Mitchell, C. Clark, y V. Roberts, “An Introduction to the FLOE Project,” en *Universal Access in Human-Computer Interaction. Universal Access to Information and Knowledge*, vol. 8514, Switzerland: Springer, 2014. pp. 454–465. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07440-5\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07440-5_42)
- [14] A. L. Esparza-Maldonado, L. Y. Margain-Fuentes, F. J. Álvarez-Rodríguez y E. I. Benítez-Guerrero, “Desarrollo y evaluación de un sistema interactivo para personas con discapacidad visual”, *TecnoLógicas*, vol. 21, no. 41, 149-157, Jan. 2018. <https://doi.org/10.22430/22565337.733>
- [15] C. Rivas-Costa, L. Anido-Rifón, M. J. Fernández-Iglesias, M. A. Gómez-Carballa, S. Valladares-Rodríguez y R. Soto-Barreiros, “An accessible platform for people with disabilities”, *Int. J. Hum. Comput. Interact.*, vol. 30, no. 6, pp. 480-494, Mar. 2014. <https://doi.org/10.1080/10447318.2014.888503>
- [16] D. Lancheros- Cuesta, A. Carrillo-Ramos, and J. Pavlich-Mariscal, “Personal Learning Environment for Disabled People,” *2013 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, pp. 1–6, Lisboa, 2013. Disponible en: [URL](#)
- [17] R. Navarrete y S. Luján-Mora, “Bridging the accessibility gap in Open Educational Resources”, *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 17, no. 4, pp. 755-774, Nov. 2018. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0529-9>
- [18] J. M. Vara y E. Marcos, “A framework for model-driven development of information systems: technical decisions y lessons learned”, *J. Syst. Softw.*, vol. 85, no. 10, pp. 2368-2384, Oct. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2012.04.080>
- [19] C. A. Castillo-Benavides, L. F. García-Arias, N. D. Duque-Méndez y D. A. Ovalle-Carranza, “IMU-Mouse: diseño e implementación de un dispositivo apuntador dirigido al desarrollo de interfaces adaptativas para personas con discapacidad física”, *TecnoLógicas*, vol. 21, no. 41, pp. 63-79, Jan. 2018. <https://doi.org/10.22430/22565337.727>
- [20] N. Fleming y D. Baume, “Learning Styles Again: VARKing up the right tree!”, *Educ. Dev.*, Vol. 4 no. 7, pp. 1-3, Nov. 2006. Disponible en: [URL](#)
- [21] R. M. Felder, “Matters of Business,” *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 12, no. 5, pp. 419–420, May 1920. <https://doi.org/10.1021/ie50125a002>
- [22] N. Duque *et al.*, “Construcción de herramientas para la adaptación de actividades educativas para aprendizaje móvil, situado y accesible”, en *Tecnologías para entornos educativos ubicuos, adaptativos, accesibles e interactivos para todos*, 2017, pp. 107-126. Disponible en: [URL](#)
- [23] N. Duque, E. Hernández y A. Guerra, “Metodología para evaluación de software educativo accesible”, en *Tecnologías para entornos educativos ubicuos, adaptativos, accesibles e interactivos para todos*, 2017, pp. 89-106. Disponible en: [URL](#)