

X9: An Adaptive Learning Platform for Geometry at School Level

Enzo Barbaguelatta D.
Escuela de Ingeniería
Informática

Pontificia Universidad Católica
de Valparaíso
Valparaíso, Chile
enzo.barbaguelatta@pucv.cl

Rafael Mellado S.
Escuela de Comercio
Pontificia Universidad Católica
de Valparaíso
Valparaíso, Chile
rafael.mellado@pucv.cl

Felipe Diaz B.
Escuela de Ingeniería
Informática
Pontificia Universidad Católica
de Valparaíso
Valparaíso, Chile
felipe.diaz@pucv.cl

Claudio Cubillos F.
Escuela de Ingeniería
Informática
Pontificia Universidad Católica
de Valparaíso
Valparaíso, Chile
claudio.cubillos@pucv.cl

Abstract— The aim of the current article is to analyze the effects of applying adapted educational activities, through building a multimedia instructional platform with adaptive features. The development of abilities in students can be strengthen doing different instructional activities, it is known that each student has a different way of learning, a fact that can be molded with different criteria. On the other hand, an adaptive educational platform is an e-learning system that provides customized learning objectives for students, according to their personal characteristics, optimizing in this way their learning process. With the above, we propose an adaptive model focused in multimedia activities, which was implemented in an adaptive educative platform prototype, seeking to validate the efficacy of data obtained from students, and an adequate activity adaption process. After building an educative test unit, this platform was tested in different schools with the purpose of validating the proposed mechanism and obtain conclusions about the effects of applying this in activity realization.

Keywords— *Adaptivity, e-learning, hypermedia, learning platforms, multimedia activities.*

I. INTRODUCCION

Las tecnologías de la información y comunicación (TIC) han sido una herramienta fundamental en las últimas décadas para diferentes campos de la enseñanza, especialmente a nivel escolar. En este contexto, se ha podido utilizar material educativo interactivo para lograr objetivos de estudio orientado al desarrollo de habilidades educativas, el cual ha arrojado resultados positivos. En colegios ha habido múltiples proyectos de profesores para utilizar estas actividades interactivas multimedia a favor de los estudiantes.

Sin embargo, si bien el uso de elementos multimedia en el proceso de aprendizaje puede ayudar a que los estudiantes puedan desarrollar sus habilidades, éste no garantiza que esta mejora sea homogénea para todo el grupo curso. Desde el nicho de la psicología se entiende que todo individuo posee distinta forma de ser, de percibir el mundo. De este modo, algunos estudiantes pueden estar más motivados a ciertos estímulos ya sea sobre la forma de efectuar clases o sobre cómo se presentan los contenidos. Es deseable que el profesor busque satisfacer cada una de las necesidades personalizadas de un estudiante: un requerimiento relativamente utópico en el aula.

Así nace entonces el concepto de la educación adaptativa: Cómo una materia, una unidad de enseñanza puede adaptarse a cada una de las necesidades de cada estudiante. El uso de la informática como herramienta a posibilitar esta integración, seleccionando automáticamente el tipo de actividad más adecuado. Se vuelve necesario crear una plataforma orientada a actividades educativas multimedia para cursos de pequeño tamaño, y probar los efectos de la adaptación de actividades educativas en el aula en el desarrollo de habilidades en los estudiantes, el cual se establece como el principal objetivo de esta investigación.

El caso particular que desea abordar en esta oportunidad es el desarrollo de habilidades en geometría en para cursos de octavo año básico. Esta área busca poner énfasis a la resolución de problemas lógicos aplicables a la vida real, desarrollando sus capacidades espaciales y la comprensión del espacio y sus formas, mientras que, al mismo tiempo, se conecta un área abstracta de la ciencia, como lo es la matemática con el mundo, conectando esta disciplina con otras. [1] Luego, el objetivo de aprendizaje para este nivel educativo particularmente es describir la posición y el movimiento (traslaciones, rotaciones y reflexiones) de figuras 2D, de manera manual y/o con software educativo, utilizando: Los vectores para la traslación, los ejes del plano cartesiano como ejes de reflexión y los puntos del plano para las rotaciones. [1] De esto se desprenden 3 áreas a evaluar: Traslaciones, rotaciones y simetrías.

II. TRABAJO RELACIONADO

Diversos autores han abordado recientemente esta problemática y han desarrollado diferentes implementaciones para validar la adaptabilidad, bajo diferentes contextos y objetivos de aprendizaje, utilizando el concepto de adaptación.

En el campo de la educación adaptativa en colegios, Drissi y Amirat [2] desarrollaron un sistema de hipermedia adaptativo, evaluando el efecto de adaptar el material según estilo de aprendizaje para estudiantes universitarios de primer año de Algeria; evidenciando una mejora en el rendimiento cercanos a al aplicar éste, comparándose con experimentos pasados ya realizados, aunque evaluados bajo contenidos de enseñanza específicos. Bajraktarevic et al. [3] incorporaron adaptación por estilo de aprendizaje a entornos de hipermedia y evaluaron su

funcionamiento en estudiantes de 15 años para geografía en Inglaterra, evidenciando una mejora cercana a un tercio de las calificaciones en estudiantes que seguían sus estilos de aprendizaje; no así el tiempo de realización.

Özyurt [4] el año 2013 evaluó los efectos de un sistema de e-learning adaptativo basado en estilo de aprendizaje en un curso de probabilidad y estadística de secundaria en Turquía, obteniendo índices de aceptación cercanos al 70% de los estudiantes consultados luego de realizar un curso en la plataforma. Amaya [5] desarrolló y puso a prueba una plataforma tecnológica de hipermedia adaptativa basado en estilos de aprendizaje de Bandler y Grinder en estudiantes de primaria de 7 y 8 años, en la enseñanza de ciencias, en Perú. Obteniéndose resultados favorables al aplicar estas técnicas, influyendo positivamente en el proceso de aprendizaje.

Del trabajo relacionado se puede desprender que la aplicación de adaptación a contenidos educativos posee un efecto positivo en los estudiantes. No obstante, no existen experimentos que aborden la problemática con adaptación de contenidos en adolescentes en el contexto escolar chileno/latinoamericano. Además, el trabajo relacionado es más enfocado a la adaptación aplicado al material de estudio, más que actividades educativas en sí; elemento clave que aborda la presente investigación.

III. MARCO TEORICO

A. Actividades en el aula para el desarrollo de habilidades.

En contextos generales, una actividad educativa se define como la canalización de inquietudes provenientes de alguna necesidad o interés, de forma que el alumno logre motivarse a sí mismo por su propio aprendizaje. Estas actividades educativas, permiten desarrollar y formar habilidades en los estudiantes con los conocimientos previamente adquiridos, para así descubrir la capacidad que el alumno posee para realizar los trabajos dados, y por ende el cumplimiento de los objetivos de un curso [6].

Por su naturaleza toda intervención educativa, tales como la realización de actividades, conlleva cierta adaptación, asumiendo así la diversidad. Esta diversidad en el aula debe ser atendida de modo, mediante diferentes formas y utilizando los procedimientos más adecuados para cada uno, para que todos puedan lograr los aprendizajes esperados [7]. La educación adaptativa hace alusión a la capacidad de amoldarse a la situación de un determinado estudiante dado un determinado objeto de estudio. Son provistos de un diseño de aprendizaje determinado, el cual es adaptado en lo posible a sus características personales, así como también intereses o metas [8].

B. Educación adaptativa

Por otro lado, se describe el estilo de aprendizaje como la combinación de características cognitivas, afectivas y los

factores fisiológicos que sirven como indicadores relativamente estables de cómo percibe, interactúa y responde un estudiante a un ambiente determinado de aprendizaje [9]. Es de esperar que un alumno con un marcado estilo de aprendizaje sea más receptivo si su inteligencia dominante o estilo se explota en el proceso pedagógico. Por consiguiente, el estilo de aprendizaje de un alumno es parte fundamental para poder realizar la personalización de un proceso de aprendizaje, tanto para el ámbito pedagógico genérico, como para aplicaciones como lo es el e-learning [10].

Felder-Silverman clasifica a los estudiantes acorde como éstos perciben y procesan la información. Por consiguiente, según los citados autores, se presenta un modelo donde el estilo de aprendizaje de un estudiante puede ser definido bajo 8 perfilamientos en 4 dimensiones [9]. Para la identificación del estilo de aprendizaje predominante en un estudiante para la forma de clasificación presentada, se puede emplear el *Index of Learning Styles (ILS)*. Este consiste en un cuestionario de 44 preguntas cuyo rol es determinar las preferencias personales dentro de las dimensiones sensitiva/intuitiva, visual/verbal, activo/reflexivo y secuencial/global [11].

C. Plataformas educativas adaptativas.

Un sistema adaptativo de hipermedia (AHS) generalmente es considerado como un cruce entre el uso de hipermedia y el modelamiento de usuario. Se puede entender como cualquier sistema de hipermedia que considera algunas características del usuario, y aplica este modelo para adaptar varios aspectos visibles del sistema al usuario. Estos se componen principalmente por un modelo de usuario (describe información, conocimiento, preferencias, entre otros del usuario), el modelo de dominio (provee una estructura de la representación del conocimiento de dominio de contenidos por parte del usuario) y el modelo de interacción, que conecta estos para generar información al estudiante [12].

Los sistemas educativos adaptativos corresponden a la aplicación de la hipermedia adaptativa en el e-learning. Su objetivo es proveer servicios personalizados para beneficio del usuario individual versus la enseñanza tradicional con enfoque “*todo en uno*”. Normalmente un sistema educacional adaptativo recolecta información del estudiante participante creando un modelo, y es utilizado para adaptar la presentación del material de un curso, su navegación, entre otros. También puede ser usado para formar grupos con características en común para identificar estudiantes con patrones en común, ya sea de lento o rápido avance [13].

Peter Brusilovsky y Hemanta Nijhavan proponen una arquitectura para la elaboración de una plataforma e-learning basado en actividades de hipermedia reusables independientes, compuesto por servicios intercomunicados entre si, el cual conjunto aplicando determinadas reglas establecidas, se pueden utilizar estos componentes para realizar cursos adaptativos [14] [15].

IV. PROTOTIPO PARA UNA PLATAFORMA DE ADAPTACION

A. Propuesta base

Para la presente publicación, se planteará una propuesta base para implementar una plataforma adaptativa educativa con características multimedia. El mecanismo de adaptación propuesto corresponde a una adaptación del tipo de navegación de orientación directa, y de escondite de enlaces adaptativo [12]. Esencialmente se compone de tres partes, denominadas como sigue:

- **Datos de dominio:** Especie de repositorio de objetos de aprendizaje, denominadas actividades, agrupadas en compendios (compendios de actividades) las cuales estarán disponible solamente si se cumplen ciertos requisitos, brindados por los datos del estudiante.
- **Datos de estudiante:** Corresponde a una imagen-estado actual del estudiante en cuanto a ciertos parámetros. Estos serán su estilo de aprendizaje según Felder-Silverman [9], sus actividades realizadas y un factor de dificultad. Este último corresponde a un factor que cuantifica su dominio en los tópicos del curso.
- **Asignación personalizada de actividades:** Es el mecanismo que toma los datos del estudiante y los contrasta con los datos de dominio, considerando las restricciones de los grupos-compendios de actividades, filtrando así las actividades adecuadas para el estudiante, resultando así un curso personalizado. Este mecanismo debe ser re-ejecutado a medida que los datos del estudiante vayan siendo actualizados, adaptándose así a éste.

Un esquema para el prototipo propuesto se puede apreciar en la Figura 1.

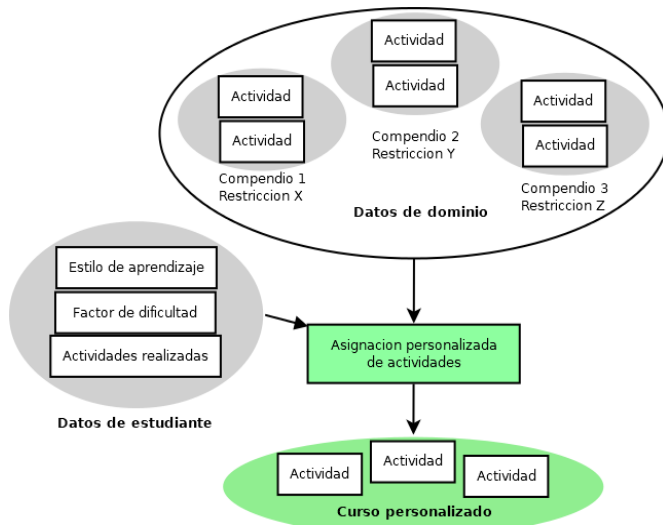


Fig. 1. Esquema del prototipo propuesto.

B. Calculo de datos del estudiante.

El estilo de aprendizaje está representado por 2 dimensiones distintas, según Felder-Silverman [9]: Visual-Verbal y Secuencial-Global. Sea $n = 4$ el número de dimensiones, e i una dimensión cualquiera. La preferencia de una cualidad A u otra B en cada dimensión i estará definida por un atributo denominado $Score_i$, el cual se define en la ecuación 1:

$$Score_i \in [-1, 1] : \begin{cases} Preferencia A, Score_i < 0 \\ Ambas pref., Score_i \approx 0 \\ Preferencia B, Score_i > 0 \end{cases} \quad (1)$$

El valor absoluto de $Score_i$ es un numero normalizado en el rango $[-1, 1]$, el cual indica la fidelidad a una preferencia. De lo anterior se interpreta que valores más altos indican mayor tendencia a poseer cierta preferencia en cierta dimensión de aprendizaje, mientras que valores cercanos a 0 indican preferencias compartidas entre ambas alternativas.

Los valores iniciales de $Score_i$ se obtendrán desde un test *ILS* [11] aplicándose una cierta cantidad de rondas de preguntas. Esta cantidad se denominará *factor_grado*. Además, se definirá un número llamado $\#preferencia_i$, donde $i = \{A, B\}$, el cual representa la cantidad de respuestas obtenidas a favor de una preferencia i , obtenido de la ejecución de un test *ILS*. De este modo, para calcular los valores iniciales de $Score_i$ se realiza el siguiente cálculo, mostrado en la ecuación 2.

$$Score_i = \left(\frac{\#preferencia_B}{factor_grado} - \frac{\#preferencia_A}{factor_grado} \right) \quad (2)$$

A medida que se van ejecutando las actividades, si el estudiante presenta un rendimiento de evaluación pobre, el mecanismo de adaptación irá ajustando el modelo de dimensiones de aprendizaje a preferencias contrarias de la actividad cursada, en magnitudes definidas en cada actividad como su peso. Así se define $(Score_i)'$ como el puntaje ajustado como sigue, en la ecuación 3.

$$(Score_i)' = Score_i + (Pref * Peso_{Actividad_i}), \quad Pref = \begin{cases} -1, & Preferencia A \\ 1, & Preferencia B \end{cases} \quad (3)$$

Por otro lado, el factor de dificultad representa el nivel de conocimientos que posee el estudiante sobre los dominios de los contenidos. Se cuantifica como un valor normalizado en el rango $[0, 1]$ donde un valor más bajo indica menos dominio de los contenidos, y valores más altos indican mayor nivel de contenidos.

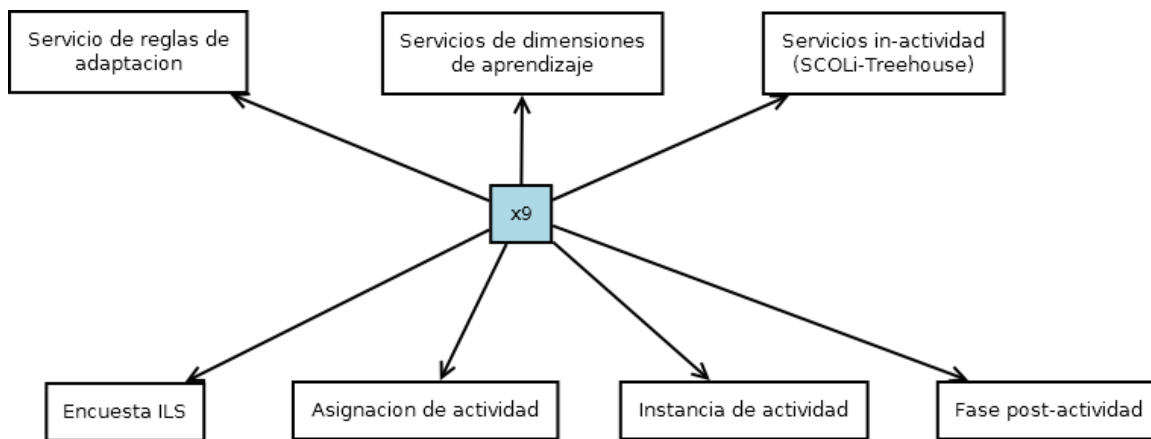


Fig. 2. Esquema modular de la plataforma.

El valor de este factor inicialmente se ajusta en un valor predeterminado a configurar como parámetro en el mecanismo de adaptación, y a medida que se van ejecutando las actividades, estos ajustan el factor mediante un peso, sumándose si el estudiante domina los contenidos, o restándose si el estudiante presenta dificultad. Así se define $(FactorDificultad)'$ como el factor de dificultad ajustado como sigue en la ecuación 4.

$$(FactorDificultad)' = FactorDificultad \pm Peso_{Actividad_i} \quad (4)$$

Además, el modelo de estudiante incluye un registro de las actividades del curso realizadas exitosamente. Con ello se almacena además su duración en tiempo transcurrido para realizar la actividad, así como también el número de intentos antes de finalizarla.

V. DISEÑO DE LA PLATAFORMA E IMPLEMENTACIÓN

A. Componentes de la plataforma

Con el objetivo de poner en práctica el presente mecanismo teórico de adaptación, se construirá un prototipo de una plataforma adaptativa de e-learning. Esta plataforma a confeccionar se le denominará por nombre en clave *X9*, consistente de módulos y de librerías que prestan servicios a estos, confeccionando así un modelo que emule la estructura de funcionamiento de un sistema adaptativo de hipermedia, especificado en el marco teórico de la presente publicación, tal como puede apreciarse en la Figura 2.

Cada componente se describirá a continuación:

- Servicio de reglas de adaptación: Ofrece servicios referentes a las reglas de adaptación y sus restricciones en actividades.
- Servicios de dimensiones de aprendizaje: Ofrece servicios referentes al cálculo y diagnóstico de dimensiones de aprendizaje de Felder-Silverman.

- Servicios in-actividad (SCOLi-Treehouse): Ofrece servicios para la sincronización entre la plataforma y las actividades multimedia (utilizando para ello JClic-HTML5).
- Encuesta ILS: Se encarga de las vistas y manejo del cuestionario del test ILS.
- Asignación de actividad: Se encarga del manejo de asignación de actividades, aplicando las reglas de adaptación.
- Instancia de Actividad: Se encarga de las vistas y el flujo de la ejecución de una actividad.
- Fase Post-actividad: Se encarga del flujo del diagnóstico post-actividad y de las vistas de feedback en caso de que fuese necesario.

En la Figura 3 se muestra una imagen del prototipo en funcionamiento, empleando para aquello, un curso de actividades tipo, similar al aplicar en las pruebas a terreno.

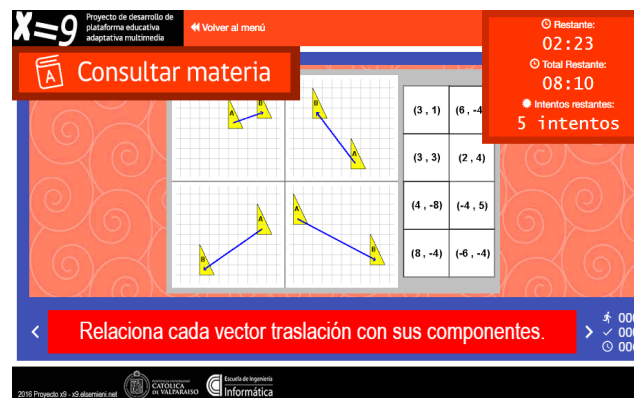


Fig. 3. Prototipo de la plataforma en funcionamiento.

B. Plan de diseño de actividades.

Se confeccionará un curso prototipo sobre Geometría para 1º año de enseñanza media, tal como se describió en los inicios del informe, compuesta por diferentes actividades, cuya

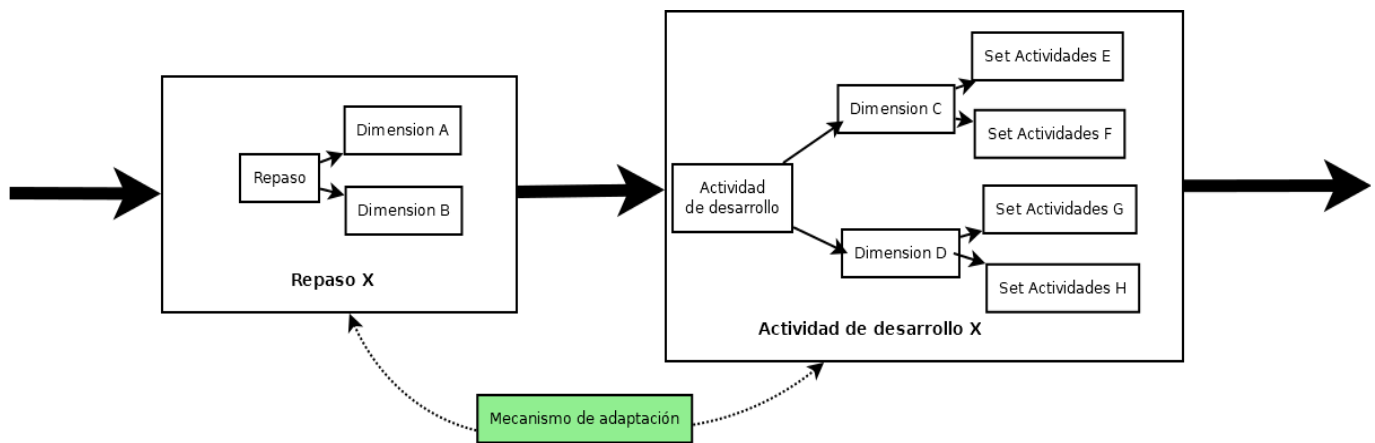


Fig. 4. Formato de presentación de contenidos.

duración total es de dos horas pedagógicas (1 hora 30 minutos). Esta deberá ejecutarse en una sala de computación, u otra sala habilitada con dispositivos *HTML5*-compatibles (ya sean computadoras, tablets u teléfonos móviles). Para la prueba de la plataforma, el grupo de prueba se dividiría en 3 partes iguales, donde cada uno desarrollarán diferentes formatos del curso descrito, los cuales se definirán a continuación.

1) *Lineal*: Es una versión del curso el cual carece de elementos adaptativos en lo absoluto. Este seguirá una estructura de las actividades de forma lineal, y no reaccionará ante su estilo de aprendizaje o cambios en su rendimiento.

2) *Adaptativo*: Es una versión del curso el cual introduce elementos adaptativos a las actividades, ya sea relacionadas al estilo de aprendizaje y/o a su rendimiento. La plataforma así monitorearía al alumno y seleccionaría según las reglas de adaptación los contenidos más apropiados.

3) *Adaptativo inverso* : Es una versión del curso el cual introduce elementos adaptativos a las actividades, ya sea relacionadas al estilo de aprendizaje y/o a su rendimiento. La diferencia con la versión anterior del curso radica en que, en la monitorización del alumno, se seleccionarían los contenidos menos apropiados, según las reglas de adaptación puestas. Adaptativo inverso aplica personalización a las actividades de todas formas, previniendo así la no variación que se presenta en la versión lineal del curso. No obstante, en el proceso de adaptación se seleccionan las actividades consideradas contrarias a las preferencias y anhelos del estudiante, con el fin de esperar algún efecto en particular comparado con la versión adaptativa del curso (donde en cambio, se seleccionan actividades adecuadas según su perfil).

Para las pruebas se ha seleccionado abordar 3 contenidos de la unidad educativa presentada, correspondientes a Traslaciones, Rotaciones y Simetrías. Cada uno de estos contenidos se presentarán en un formato “Repaso-Actividades de desarrollo”, cada una de éstas adaptables en contenido

(según dificultad) y estilo de aprendizaje, tal como describe la figura 4.

En la figura 5 y 6 se puede ver la plataforma en funcionamiento, ofreciendo al usuario ejercicios de traslaciones, donde la primera fue elegida para estudiantes de estilo de aprendizaje activo, mientras que la segunda se escogió para estudiantes reflexivos. De forma análoga en la figura 7 y 8, se puede ver repasos previos antes de cada sesión de actividad, adaptada también para las preferencias de estudiantes, según los estilos de aprendizaje secuencial y global. Cabe comentar que, en una actividad sin aplicar estilos de aprendizaje, los contenidos recibidos serían similares.

El curso que contendrá las actividades de prueba ya mencionadas se organizará en el siguiente orden cronológico general: Luego de una actividad de inducción a la plataforma, se hará el test ILS para identificar el estilo de aprendizaje, luego de un set de actividades de desarrollo de diagnóstico a modo de pre-test. Luego se procederá a la ejecución de las actividades por cada contenido, según el formato del curso y las reglas presentes. Al finalizar éstos, se procederá a hacer otro set de actividades de diagnóstico final para medir avances a modo de post-test, finalizando el cuestionario final. El pre y post test consisten de una serie de 8 actividades surtidas de los contenidos de geometría a evaluar en la misma plataforma, los que se resolverán al principio y al final del experimento correspondientemente. La estructura de organización de actividades además se puede apreciar en la Figura 9.



Fig. 5. Actividad de traslaciones para estudiantes activos.

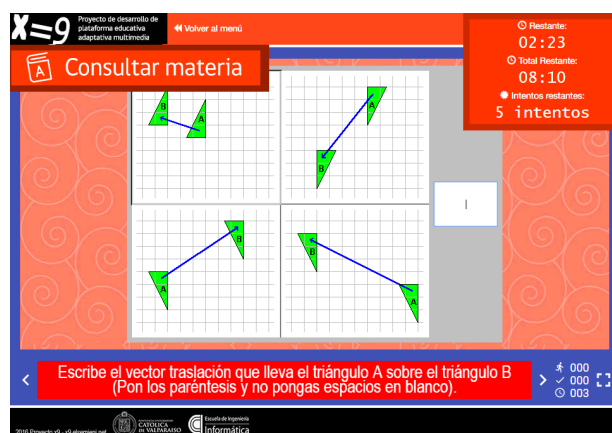


Fig. 6. Actividad de traslaciones para estudiantes reflexivos.

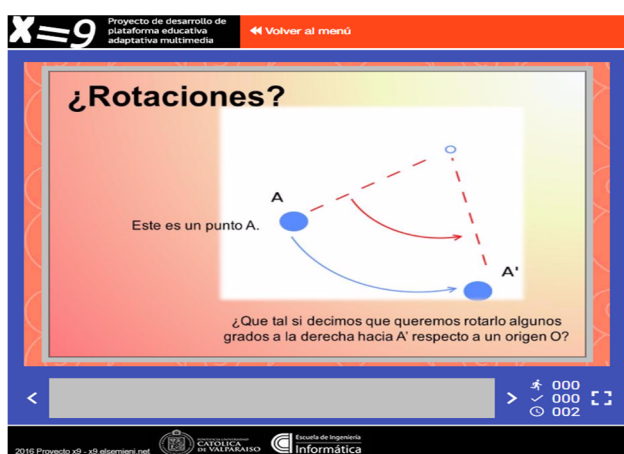


Fig. 7. Repaso pre-actividad de rotaciones para estudiantes de estilo secuencial.

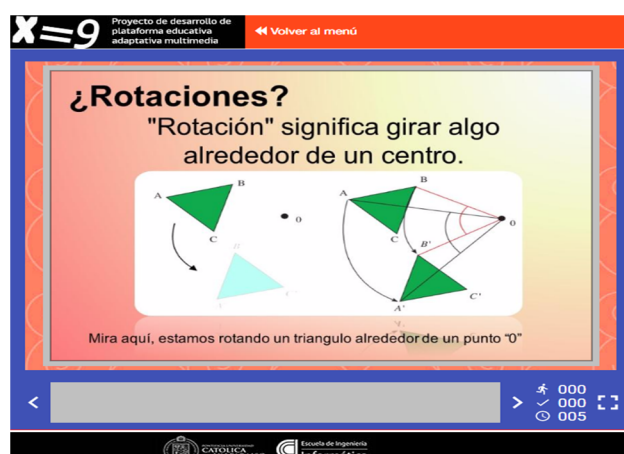


Fig. 8. Repaso pre-actividad de rotaciones para estudiantes de estilo global.

Se realizaron pruebas de la plataforma en diferentes grupos cursos correspondientes a 1er año de enseñanza media, de 2 establecimientos educacionales de la V región del país (Chile). Estas pruebas fueron supervisadas en conjunto con los profesores de matemática correspondientes de cada curso, donde cada grupo curso fue dividido en 3 partes iguales, donde cada uno se le asignó un modo distinto de la prueba (adaptativo, lineal u adaptativo inverso).

Para el análisis de los resultados de las pruebas curso se consideraron 32 estudiantes en la primera prueba y 21 en la segunda (sin incluir a estudiantes que generaron distorsión en el análisis, debido a no seguir las instrucciones indicadas, y no contestar de manera seria durante el desarrollo del experimento).

VI. RESULTADOS DEL EXPERIMENTO.

A. Tiempo en realización de actividades

En una primera instancia, se evaluó el tiempo total de los estudiantes en resolver las actividades, y se compararon los resultados agrupando por las 3 versiones distintas del curso (adaptativo, adaptativo inverso y lineal), obteniéndose los

resultados del gráfico 1 y Tabla I, divida correspondientemente entre los resultados obtenidos desde el primer y el segundo establecimiento.

En aquello se notan resultados dispares. En la primera prueba existe una disminución del tiempo promedio en los cursos adaptativos a diferencia de las versiones lineal (mejora de 5.9%) y adaptativo inverso (mejora de 0.7%), mientras que en la segunda prueba se aprecia un aumento tanto del tiempo promedio de realización de una actividad si se le aplica cualquier modo de adaptación (empeora de 52.21% y 41.9%), así como también la desviación estándar (coincidente con la primera prueba). Puede así observarse una relación de la variación del tiempo de realización entre estudiantes cuando a estos se les aplica adaptación.

B. Comparación test final con test inicial.

Se comparó además el puntaje obtenido en los estudiantes respecto a los resultados del test de diagnóstico (véase sección IV.B), versus los puntajes obtenidos del test final dentro de la misma plataforma. Para tal finalidad se compararon los

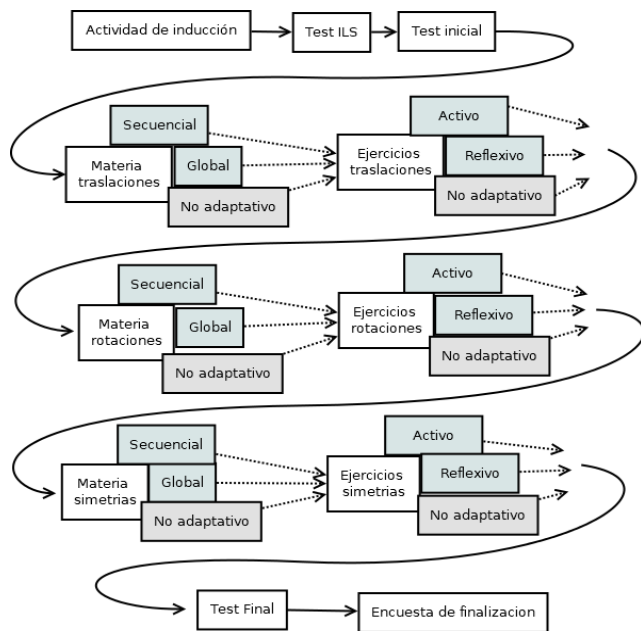


Fig. 9. Estructura de organización de actividades.

Gráfico. 1. Tiempo en realización de actividades.

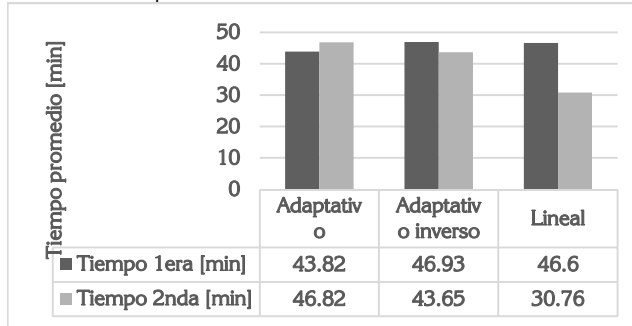


TABLA I. TIEMPO EN REALIZACION DE ACTIVIDADES.

Desviación estándar tiempo [min]	1era prueba	2da prueba
<i>Adaptativo</i>	15,13	16,66
<i>Adaptativo Inv.</i>	14,06	2,52
<i>Lineal</i>	9,72	0,99

puntajes promedios, apreciándose los resultados en el gráfico 2 y tabla II, evaluados en una escala de 0 a 1.

Aquí se puede apreciar un puntaje promedio inicial aproximadamente uniforme entre los 3 modos probados, notándose mejoras notorias de escasa variabilidad después del curso de las actividades en todos los modos. No obstante, se notó una mejora mayor al aplicar adaptabilidad inversa (cerca del 34%) a diferencia de aplicar adaptabilidad normal y lineal (entre el 10% y 25% de mejora).

Gráfico. 2. Comparación test final con test inicial.

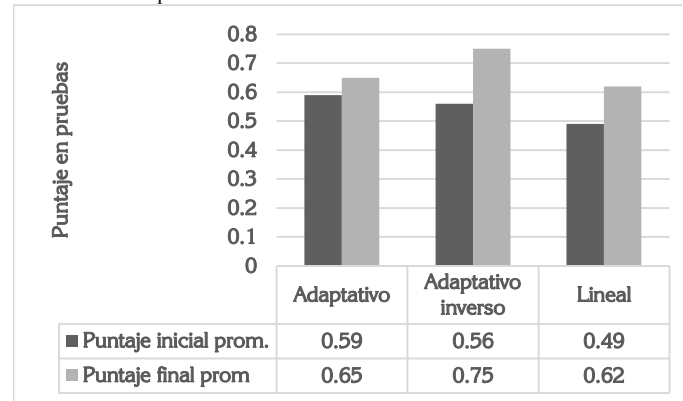


TABLA II. COMPARACION TEST FINAL CON INICIAL (0-1).

Desviación estándar puntajes (en pts.)	Test inicial	Test final
<i>Adaptativo</i>	0,11	0,04
<i>Adaptativo Inv.</i>	0,22	0,02
<i>Lineal</i>	0,12	0,06

C. Análisis de ítems de encuestas de finalización

Se analizarán además los siguientes ítems de la encuesta de finalización, usando las respuestas entregadas tanto de las primeras como de las segundas pruebas en conjunto para su análisis: Captación de nuevos contenidos (preguntándole al estudiante si con la realización de las actividades pudo aprender algo nuevo), dificultad de repasos (que tan abordable o difícil fue la experiencia con el material de apoyo de repaso entregado adaptativamente) y facilidad de solución de ejercicios (que tan fácil encontraron los ejercicios, seleccionados adaptativamente, el cual debían resolver). Los resultados de las preguntas, en escalas de 1 al 5, indicando menor a mayor intensidad se pueden apreciar en el gráfico 3.

En las encuestas de percepción a la finalización del curso se obtienen resultados favorables en cuanto al aprendizaje de nuevos contenidos al aplicar adaptación de forma adecuada, a diferencia de la dificultad del curso (tanto repasos como actividades), que se ve elevada frente a un modo sin adaptación. Los puntajes ingresados por los estudiantes en la encuesta de finalización, independientes del formato del curso que haya tomado el estudiante (Adaptativo, adaptativo-inverso u lineal), poseen una variación cercana a 1 punto (de la escala de evaluación mostrada).

Se analizaron además los siguientes ítems extra de la encuesta de finalización, usando las respuestas entregadas tanto de las primeras como de las segundas pruebas en conjunto para su análisis: Capacidad de detección del estilo de aprendizaje, percepción del nivel de apoyo que entregó la plataforma. Los resultados de las preguntas, en escalas de 1 al 5, indicando

Gráfico. 3. Resultados de ítems de encuestas de finalización, parte 1.

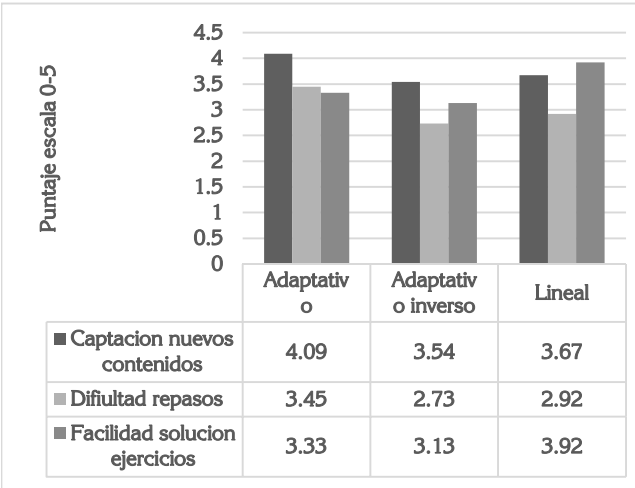


Gráfico. 4. Resultados de ítems de encuestas de finalización, parte 2.

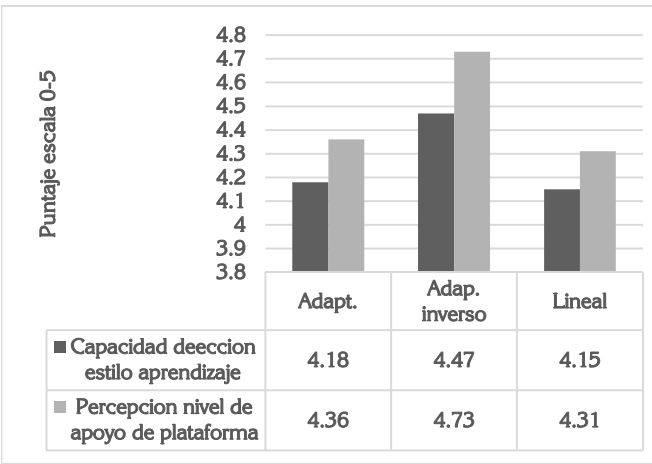


TABLA III . RESULTADOS DE ÍTEMS DE ENCUESTAS DE FINALIZACIÓN, PARTE 2.

Desviación estándar puntajes	Capacidad de elección estilo aprendizaje	Percepción de nivel de apoyo de plataforma
Adaptativo	0,60	0,50
Adaptativo Inv.	0,74	1,11
Lineal	0,69	0,46

menor a mayor intensidad se pueden apreciar en el gráfico 4 y tabla III.

De lo obtenido se puede concluir que los estudiantes perciben que la plataforma puede detectar de forma adecuada el estilo de aprendizaje de cada uno y, además, perciben que éste se usa de modo de apoyo de reforzamiento de contenidos y ejercicios. No obstante, se percibe una tendencia a una mayor sensación de apoyo cuando al estudiante se le aplica el modo de adaptación inversa, frente a una adaptación normal, o en su

defecto, no aplicando mecanismos de personalización de enseñanza.

D. Comparación de ejecuciones de actividades exitosas versus fallidas.

Se realizó además una comparación de *runs* (instancia de actividades) resueltas versus *runs* fallidas, además de contabilizar el número de ajustes (modificación del contenido de las actividades) tanto para el modo adaptativo como para el modo adaptativo inverso. Los resultados se muestran en la Tabla IV.

Como puede apreciarse, existe un evidente impacto frente a la aplicación de adaptación, así como también cuando este se usa acorde al perfil de estudiante. En la modalidad adaptativa, las actividades ejecutadas con finalización exitosa son más frecuentes que las con finalización fallidas (se estancó en un concepto, no se entiende algo, muchas respuestas incorrectas), contrastando la adaptación inversa, donde la cantidad de diagnósticos favorables y no favorables se equilibra. Cabe destacar que ello no ocurre en la modalidad lineal, donde tal situación se revierte, existiendo así más actividades fallidas que exitosas.

VII. CONCLUSIONES.

De las pruebas anteriores se pueden concluir algunos hechos relacionados con los efectos de la adaptación y el prototipo mismo. Por un lado, se demuestra que si se le aplican mecanismos de adaptación a algún ejercicio se ve una mejora en el rendimiento del estudiante relacionado al aprendizaje, sin importar si éste proceso facilite o dificulte el proceso de aprendizaje al estudiante. Por otro lado, pese a un mayor aprendizaje se aprecia también un aumento de dificultad, reflejado tanto por el tiempo en resolver actividades, número de intentos y por la percepción desde los estudiantes mismos. Esto no ocurre al utilizar actividades no adaptativas.

Por otro lado, se observa que, si las actividades son adaptativas, los alumnos tienden a tener motivación completar las actividades (cerca de un 70% de éstas), ya sea adaptabilidad normal u inversa, tal como lo comprueban trabajos relacionados. Esto no ocurre con ejercicios no adaptativos, donde solo un 28% de los estudiantes logran completar las actividades; el resto las abandona por falta de motivación, ya sea por bloqueos mentales, falta de tiempo, no entender las bases, entre otros factores. Se concluye además que al adaptar un ejercicio en contra las preferencias del estudiante, éstos perciben una mayor sensación de apoyo pedagógico en la personalización de actividades.

Pese a los datos obtenidos, éstos aún no son suficientes para determinar una total eficacia de las plataformas adaptativas en actividades para el desarrollo de habilidades. Esto, por la razón de que el presente prototipo fue enfocado en una adaptación centrada en el conocimiento de los contenidos y el estilo de aprendizaje, bajo contenidos determinados (geometría). No se han considerado otros factores que pueden ser relevantes, ya sea

situación socioeconómica, su índice de vulnerabilidad en sus estudiantes y rendimiento general del establecimiento educacional, u entorno físico para la ejecución de las actividades, entre otros. Se debe seguir empleando pruebas para seguir depurando tanto el mecanismo propuesto como la plataforma utilizada para probar éste, recordando que estos son presentados solo como prototipos.

VIII. REFERENCIAS

- [1] Matemática. Programa de Estudio para Primer Año Medio, Unidad de Currículum y Evaluación, República de Chile., 2011
- [2] DRISSI, Samia; AMIRAT, Abdelkrim. An experimental study to evaluate learning style personalisation in web-based adaptive e-learning systems. *International Journal of Innovation and Learning*, 2016, vol. 20, no 1, p. 1-25.S
- [3] BAJRAKTAREVIC, Namira; HALL, Wendy; FULLICK, Patrick. Incorporating learning styles in hypermedia environment: Empirical evaluation. En *Proceedings of the workshop on adaptive hypermedia and adaptive web-based systems*. 2003. p. 41-52.
- [4] ÖZYURT, Özcan, et al. Integration into mathematics classrooms of an adaptive and intelligent individualized e-learning environment: Implementation and evaluation of UZWEBMAT. *Computers in Human Behavior*, 2013, vol. 29, no 3, p. 726-738.
- [5] AMAYA VARGAS, Gary Alejandro. Sistema hipermedia adaptativo para mejorar el proceso de aprendizaje en el área de ciencia y ambiente de tercer grado de nivel primario, basado en estilos de aprendizaje, en la Institución Educativa Jesús de Nazaret. 2015.
- [6] S. S. Enrique Martínez, «Los principios metodológicos de la educación contemporánea.,» [En línea].
<http://www.uhu.es/cine.educacion/didactica/0033principios.htm>
[Último acceso: Abril 2016]
- [7] García, M. G. (1997). Educación adaptativa. *Revista de investigación educativa*, 15(2), 247-271.
- [8] VAN ROSMALEN, Peter, et al. Towards an open framework for adaptive, agent-supported e-learning. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, 2005, vol. 15, no 3-6, p. 261-275.
- [9] FELDER, Richard M., et al. Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering education*, 1988, vol. 78, no 7, p. 674-681.
- [10] AKBULUT, Yavuz; CARDAK, Cigdem Suzan. Adaptive educational hypermedia accommodating learning styles: A content analysis of publications from 2000 to 2011. *Computers & Education*, 2012, vol. 58, no 2, p. 835-842.
- [11] SOLOMAN, Barbara A.; FELDER, Richard M. Index of learning styles questionnaire. Retrieved March, 1999, vol. 26, p. 2003.S
- [12] BRUSILOVSKY, Peter. Methods and techniques of adaptive hypermedia. En *Adaptive hypertext and hypermedia*. Springer Netherlands, 1998. p. 1-43.
- [13] BRUSILOVSKY, Peter; KARAGIANNIDIS, Charalampos; SAMPSON, Demetrios. Layered evaluation of adaptive learning systems. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, 2004, vol. 14, no 4-5, p. 402-421.
- [14] NIJHAVAN, Hemanta; BRUSILOVSKY, Peter. A framework for adaptive e-learning based on distributed re-usable learning activities. En *E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2002. p. 154-161.
- [15] E. M. Barroso, «Adaptive Collaborative Course Generation,» Departamento de Ingeniería Informática Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid, 2004.