

Desarrollo de un *plugin* para la visualización de analíticas del aprendizaje en estudiantes de la plataforma Moodle

Development of a plugin for the visualization of learning analytics in students of the Moodle platform

Moisés Oswaldo Barbachano Chiu, Víctor Hugo Menéndez Domínguez*,
Luis Fernando Curi Quintal

Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Yucatán

Periférico Norte Tablaje 13615 C.P. 97119, Mérida, Yucatán, México

me@moisesbarbachano.com, mdoming@correo.uady.mx,

cquintal@correo.uady.mx

*Autor para correspondencia

Abstract

The main objective of Learning Analytics is the intelligent use of data produced by students and analysis models in order to discover information to predict, assess and optimize their learning. E-learning platforms such as Moodle, track the interaction of their users with published resources by storing logs that have data for the identification and generation of access patterns that help establish the progress of a group of students, as well as identify early problems that influence the effectiveness of learning. This analysis requires the identification of users, their access time, the resources used and their performance. We propose the development of a plugin for Moodle that allows, with the help of data visualization, to show the information collected through various techniques of learning analysis, to assess the academic performance of a student or a group enrolled in a course.

Resumen

El objetivo principal de la analítica del aprendizaje (*Learning Analytics*) es el uso inteligente de los datos producidos por los estudiantes y modelos de análisis con el fin de descubrir información que permita predecir, asesorar y optimizar su aprendizaje. Plataformas *e-learning* como Moodle, realizan un seguimiento de la interacción de sus usuarios con los recursos publicados mediante el almacenamiento de bitácoras que poseen datos para la identificación y generación de patrones de acceso que ayuden a establecer el progreso de un grupo de estudiantes, así como a identificar problemas tempranos que influyan en la efectividad del aprendizaje. Para realizar este análisis se requiere identificar a los usuarios, su tiempo de acceso, los recursos utilizados y su desempeño. Se presenta como propuesta el desarrollo de un *plugin* para Moodle que permita, con ayuda de la

visualización de datos, mostrar la información recolectada mediante diversas técnicas de la analítica del aprendizaje, para valorar el desempeño académico de un alumno o un grupo inscrito en un curso.

Keywords and phrases: Analíticas del aprendizaje, Desempeño académico, Visualización de datos, Moodle.

2020 Mathematics Subject Classification: 68P20, 68U35.

1 Introducción

En los años recientes ha aumentado el interés por el análisis de datos educativos, que no es una nueva área de investigación pues en años anteriores fue planteada como analítica del aprendizaje (*Learning Analytics*, LA). La analítica del aprendizaje ha sido descrita como un campo emergente donde herramientas analíticas sofisticadas son usadas para mejorar el aprendizaje y la educación [1], especialmente en los sistemas de gestión del aprendizaje [2].

Estas herramientas proporcionan cada vez más grandes cantidades de datos, los cuales pueden ser analizados para abordar fácilmente preguntas que antes no eran factibles, implicando la identificación de las diferencias entre los grupos de estudiantes o de los comportamientos poco comunes de los mismos [3]. Es importante mencionar que el uso de esta información y modelos analíticos permiten predecir el progreso y desempeño de los estudiantes, así como la habilidad para actuar ante esa información.

Conforme un sistema *e-learning* posea mayor cantidad de información almacenada, se tiende a observar que los usuarios acceden al mismo en diferentes tiempos, con diferentes desempeños o diferentes propósitos: acceso a recursos, envío de tareas, aplicación de exámenes, entre otros, según haya establecido el educador. Esto aumenta el grado de complejidad al analizar la información almacenada debido a la gran cantidad de datos respecto al uso de la plataforma. Sin embargo, la vasta cantidad de información facilita aplicar técnicas, como la minería de datos, que permite analizar e identificar patrones respecto a las acciones realizadas por los usuarios. Estas técnicas determinan el progreso de los grupos e identifican problemas tempranos que intervienen en la efectividad del aprendizaje [4].

En este trabajo se presenta una propuesta para el análisis de los datos almacenados en las bitácoras generadas por la plataforma Moodle. El educador a través de un componente Moodle (*plugin*) de tipo bloque desarrollado en PHP podrá observar, mediante la visualización de datos, la información recolectada correspondiente al tiempo de interacción de los alumnos con un recurso dentro de un curso Moodle. Mediante esta propuesta será posible la identificación de patrones que siguen los estudiantes, permitiendo dar seguimiento al progreso del grupo.

En la sección II se incluye una revisión de trabajos similares y los conceptos más importantes. En la sección III se presenta un panorama general del *plugin* propuesto en términos de su arquitectura y funcionalidades. Por último, en la sección IV se menciona su importancia y trabajo futuro.

2 Plugin para la identificación de patrones para la plataforma Moodle

Moodle desempeña el papel de una plataforma que integra las diferentes posibilidades que nos otorga la red, de cara a su aprovechamiento en el ámbito educativo. Debido a que es una herramienta de software libre que se retroalimenta del trabajo realizado por múltiples instituciones y participantes que colaboran en red, los educadores tienen la posibilidad de acceder e incorporar libremente a sus asignaturas múltiples módulos o componentes creados por otros usuarios mediante elementos denominados *plugins* de varios tipos [5]. En la Tabla 1 se describen los principales. Actualmente hay 1653 *plugins* que han sido desarrollados por 929 desarrolladores y agrupados en 47 categorías [6].

Tabla 1: Principales componentes de Moodle [5]

Tipo	Descripción
Actividad	<p>Una actividad es un nombre general para un grupo de características en un curso de Moodle. Normalmente una actividad es algo que un estudiante hará que interactúe con otros estudiantes y/o con el profesor.</p> <p>Una actividad, como los foros o los concursos, significa propiamente algo en lo que los estudiantes pueden contribuir directamente, y a menudo se contrasta con un recurso como un archivo o una página, que les presenta el profesor. Sin embargo, el término actividad se utiliza a veces por conveniencia para referirse tanto a las Actividades como a los Recursos como grupo.</p>
Bloque	<p>Los bloques son elementos que pueden añadirse a la columna izquierda o derecha o al centro de cualquier página en Moodle. También pueden ser añadidos al centro del tablero de mandos. Cualquier bloque puede hacerse "pegajoso" para que aparezca en todos los contextos siguientes, como a lo largo de un curso o una actividad en particular.</p>
Tema	<p>Un tema de Moodle permite al usuario cambiar el aspecto de un sitio Moodle. Los temas pueden ser aplicados en: el sitio, la categoría, el curso y los niveles de actividad, por los usuarios con permisos para hacerlo. Los temas pueden ser diseñados para dispositivos específicos como teléfonos móviles o tabletas.</p>
Formato de curso	<p>Los formatos de curso son <i>plugins</i> que determinan la disposición de los recursos del curso.</p> <p>Los formatos de los cursos determinan cómo se ve la página principal del curso tanto en el modo de vista como en el de edición. También son responsables de construir el árbol de navegación dentro del curso. Pueden organizar el contenido del curso en secciones.</p>
Inscripción	<p>Estos módulos se utilizan para <i>aumentar las formas</i> de manejar las inscripciones de los usuarios, pueden sincronizar las inscripciones de los usuarios con la información almacenada en sistemas externos (como LDAP, una base de datos).</p>
Autenticación	<p>Los módulos de autenticación pueden ser creados usando <i>hooks</i> para tomar el relevo de la autenticación nativa en Moodle. El proceso de autenticación en Moodle se inicia cuando un usuario pulsa el enlace Login en la UI o si intenta</p>

Tipo	Descripción
	acceder a una página protegida. Hay dos grandes clases de <i>plugins</i> de autenticación: los de tipo regular, donde Moodle maneja la contraseña, y los que la contraseña es manejada por una página de terceros, por ejemplo SAML, OpenID, etc.
Repositorio	El <i>plugin</i> de repositorio permite a Moodle traer contenidos desde repositorios externos. Permite a los usuarios navegar por un sitio ajeno en el Recolector de Archivos. El usuario ve todos los archivos/datos a los que tiene acceso allí y puede elegirlos.
Filtros	<p>Los filtros son una forma de transformar automáticamente el contenido antes de que se desplieguen. Por ejemplo, renderizar las ecuaciones incrustadas a las imágenes (el filtro TeX). Los enlaces a los archivos multimedia pueden convertirse automáticamente en un applet integrado para reproducir los medios.</p> <p>Las menciones de los términos del glosario pueden ser convertidas automáticamente en enlaces.</p>

Moodle posibilita el aprendizaje no presencial de los alumnos, facilitando la virtualidad, siendo considerada una herramienta de *e-learning* [7]. El concepto *e-learning* posee una dualidad pedagógica y tecnológica, la primera hace referencia a que estos sistemas no deben ser meros contenedores de información digital, sino que dicha información debe ser transmitida de acuerdo con unos modelos y patrones pedagógicamente definidos para afrontar los retos de estos nuevos contextos. La segunda, tecnológica, referida a que todo el proceso de enseñanza y aprendizaje se sustenta en aplicaciones de software, principalmente desarrolladas en ambientes Web [8].

La evaluación del desempeño de los estudiantes en el complejo aprendizaje colaborativo es un proceso agotador y lento para los profesores. Este proceso implica una gran cantidad de parámetros, además del diseño apropiado de actividades de evaluación auténticas y recopilación de información de una variedad de fuentes tales como entregables de proyectos, exámenes, entre otros, con el fin de obtener una comprensión significativa del aprendizaje y el comportamiento de los estudiantes en el ambiente de aprendizaje [9].

Dado lo anterior, la posibilidad de utilizar la tecnología con un enfoque en la evaluación y uso de herramientas tales como la analítica del aprendizaje permitirán a los profesores tener una mejor comprensión de las interacciones en línea de los estudiantes. Con el uso de la tecnología, el seguimiento de los alumnos desde cualquier dispositivo al que acceda a un curso, así como a los recursos de éste, permitirán la obtención de la información necesaria para la presentación de resultados. El uso de la plataforma Moodle permite a los usuarios añadir un *plugin* según lo requieran en un ambiente controlado.

Hoy en día existen múltiples *plugins* que ofrecen entre sus características la capacidad de proporcionar el tiempo que un usuario ha dedicado a un curso, así como obtener la cantidad de veces en que un usuario ha visitado un recurso; algunos de los *plugins* con estas características son “Moodle Dedicación al Curso” [10] y “Use Stats” [11].

Con el fin de convertir datos de un sistema *e-learning* como Moodle a información útil para tomar decisiones y dar respuestas a preguntas en un contexto educativo, se presenta el proceso denominado minería de datos educativa. Este análisis de datos presenta un desafío al idear cómo minar efectivamente estas grandes cantidades de información, buscando patrones significativos y presentándolos a los profesores y estudiantes de una forma útil [4].

Así como nos encontramos con el término “analíticas del aprendizaje”, también encontramos otro denominado “minería de datos”, cuya aplicación en sistemas *e-learning* consiste en un ciclo iterativo en el cual el conocimiento entra en un bucle del sistema, y de esta forma guiará, facilitará y mejorará el aprendizaje en su conjunto, no solo convirtiendo datos en conocimiento, sino también filtrando conocimiento minado para la toma de decisiones. La minería de datos en ambientes *e-learning* consiste en 4 pasos: recolectar datos, pre-procesar los datos, aplicar minería de datos y, por último, interpretar, evaluar y desplegar los resultados [12].

La analítica del aprendizaje posee semejanzas respecto a la minería de datos por eso el proceso a seguir es parecido (Fig. 1). Respecto al proceso previo, la recolección de datos consiste en obtener la información de uso que los usuarios realizan en la plataforma *e-learning*, en nuestro caso Moodle; luego se procede a pre-procesar los datos con el objetivo de limpiar y transformar la información en un formato que permita ser analizada y sintetizada. Este proceso tiene como fin observar el resultado derivado que dé significado al conocimiento de interés para el usuario y permita obtener resultados presentables a los mismos de una forma atractiva y comprensible, permitiendo la toma de decisiones en busca de la mejora del aprendizaje.

Sin embargo, así como encontramos semejanzas, es posible identificar cinco distinciones clave entre la minería de datos y las analíticas del aprendizaje [13]. Estas son:

1. Descubrimiento: En la minería de datos (DM; *Data Mining*) los investigadores se encuentran interesados en el descubrimiento automatizado, y el juicio humano es una herramienta para ello; en analíticas del aprendizaje (LA; *Learning Analytics*) es lo contrario, aprovechar el juicio humano es el objetivo.
2. Reducción y holismo: La DM reduce los sistemas a componentes y los explora junto a sus relaciones, mientras que LA busca comprender sistemas completos.
3. Orígenes: LA busca planes de estudios inteligentes y predicción de resultados, mientras que DM, se basaría en software educativo y modelado de estudiantes.
4. Adaptación y personalización: DM realiza adaptación automatizada, mientras que LA, informa y capacita a los instructores y estudiantes.
5. Técnicas y métodos: DM emplea técnicas y métodos de clasificación, agrupamiento, minería de relaciones, a diferencia que LA se enfoca en análisis del éxito del alumno, de conceptos, de modelos de sentido, entre muchos otros.

En este sentido, los gráficos proveen un excelente acercamiento para explorar información; así como son esenciales para presentar resultados. Por otra parte, los desarrollos en computación gráfica han logrado proporcionar grandes beneficios tales como el aumento en la calidad y precisión al momento de realizar estos gráficos. Dicho lo anterior, se define la visualización de datos como un término relativamente nuevo, pues expresa una idea de envolver más que solo la representación de datos en

forma de gráfica, sino que la información debe revelarse satisfactoriamente, respecto a calidad y diferentes tipos de información [14].

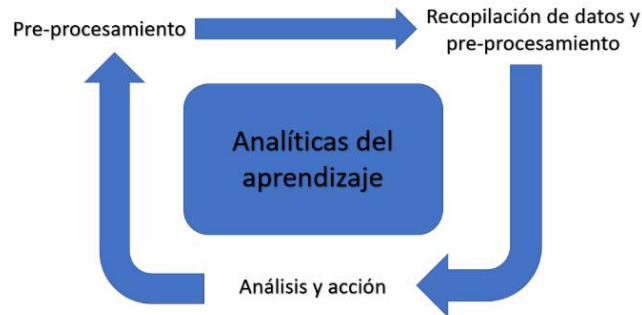


Figura 1. El proceso general de la analítica del aprendizaje. Elaboración propia

Dado que la interpretación de los gráficos es realizada en paralelo junto al sistema perceptivo humano y la velocidad del análisis de los textos está limitada al proceso secuencial de lectura, la representación de la información puede impactar en las decisiones según la interpretación. Por esto, se aplicarán técnicas de visualización para asegurar la correcta interpretación de los resultados y la adecuada toma de decisiones.

En nuestra propuesta, se plantea la aplicación del término “analíticas del aprendizaje” de manera automática a través de un *plugin* adaptado a Moodle, el cual permita a los educadores la toma de decisiones basada en los datos recolectados por el sistema *e-learning* respecto a la interacción de los estudiantes con la plataforma y presentados en una interfaz fácil de interpretar.

3 Propuesta

La propuesta se enfoca en el desarrollo de un *plugin* de Moodle (Versión 3.6.6), que permita la recopilación, preparación y transformación de los datos, así como el análisis de éstos a través de un proceso automático e intuitivo para obtener resultados que facilite a los educadores la comprensión de los patrones de uso de sus estudiantes, basados en su interacción con los recursos del curso. Esto conlleva a presentar gráficos que muestren los patrones que siguen los usuarios en una sesión, generados a partir de los datos obtenidos de la interacción con los diversos recursos propuestos por el educador.

3.1 Metodología de desarrollo

Para desarrollar el *plugin* se realizó un proceso incremental de desarrollo de software basado en SCRUM [15] a través de las siguientes etapas:

1. Backlog: Se definen los requisitos (funcionalidades) a poseer por el componente, resultados a obtener y la forma en que se despliegan ante los usuarios.
2. Primer Sprint Backlog: Se asignan los requisitos para el primer sprint de 2 semanas, luego se continua con el primer sprint en donde se define la arquitectura necesaria para desarrollar un *plugin* conforme a las especificaciones de Moodle [16] y se observa que la que más corresponde es la de “Bloque”, así como el uso del API “Data Manipulation API” de Moodle.

3. Segundo Sprint BackLog: Se define el comienzo del desarrollo con el objetivo de generar los archivos necesarios para el buen funcionamiento del componente.
4. Tercer Sprint Backlog: Se determina el inicio de las pruebas, así como la determinación de la validez de los datos obtenidos por el componente, respecto a un curso y comparados con los resultados de los cálculos obtenidos de forma manual.
5. Por último, la carga del componente resultante en el servidor de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán, específicamente en el curso denominado “Interacción Humano-Computadora (Grupo B)” – 2019 de la Licenciatura en Ingeniería de Software con un grupo de 28 alumnos.

3.2 Analíticas del aprendizaje iniciales

Hace unos años, Gašević, Dawson y Rogers [17] definieron cuáles variables, respecto a las características del sistema de gestión del aprendizaje Moodle, pueden brindar números representativos en herramientas como los *quizzes*, *feedback*, *lessons* y *chats*. Se consideraron otros elementos tales como los *forums*, *course logins*, *resources* y *assignments* que simplemente pueden ser utilizadas para medir el “ingreso” o “no ingreso” a los mismos.

Nuestra propuesta toma en consideración el tiempo que los usuarios dedican a los recursos como un elemento esencial para el análisis de la información, con el fin de observar patrones que permitan relacionar las calificaciones de los alumnos con el tiempo dedicado a los recursos y actividades. También se busca observar cuáles secuencias de interacción originan una mejoría respecto al aprendizaje del curso, si los miembros de un equipo invierten la misma cantidad de tiempo en un recurso, entre muchos otros elementos. Al final, se observa si existe una correlación entre la cantidad de tiempo dedicada a un curso o recurso y el desempeño final de un alumno [18].

Se aprovechan las características del entorno donde se ejecutará el *plugin* para crear una interfaz que permita a los diferentes educadores (de diversas áreas) la capacidad de interactuar con el mismo, sin requerir de conocimiento previo del desarrollo del *plugin*. El componente permite conocer hasta ahora, 6 métricas diferentes por grupo y por estudiante:

1. El tiempo promedio del grupo inscrito a un curso tomando como elemento de tiempo, desde que ingresa un alumno al curso en la plataforma hasta que sale del mismo para ingresar a un curso diferente o el cierre de sesión.
2. El tiempo promedio del grupo inscrito a un curso tomando como elemento de tiempo la suma de los intervalos de tiempo por día considerando desde que ingresó el alumno al curso y cerró sesión o ingresó a un curso diferente.
3. El tiempo promedio del uso de los recursos por parte del grupo.
4. El tiempo promedio del uso de los recursos por parte del grupo tomando como elemento de tiempo la suma de los intervalos del grupo en ese recurso por día.
5. El tiempo promedio del uso de los recursos por parte de un alumno tomando como elemento de tiempo la suma de los intervalos del alumno en ese recurso por día.
6. El tiempo promedio al día que dedican los alumnos al curso tomando como elemento de tiempo desde que ingresa al curso hasta que sale del mismo o cierra sesión.

Los resultados obtenidos permiten a los educadores predecir un posible camino entre los diferentes recursos utilizados por los estudiantes, así como el progreso de cada estudiante respecto a la asignación de un proyecto o la retroalimentación de un examen o cuestionario [19]. Este *plugin* facilita la tarea de los educadores al analizar los grandes volúmenes de información mediante la analítica del aprendizaje y permite una mejora en la toma de decisiones. Al automatizar este proceso tardado y complicado, se evita la posibilidad de obtener resultados complejos que puedan ocasionar comprensiones erróneas e incompletas.

3.3 Arquitectura del componente

Entendemos por Arquitectura de Software a la representación de alto nivel de la estructura de un sistema o aplicación que describe las partes que la integran, las interacciones entre ellas, los patrones que supervisan su composición y las restricciones a la hora de aplicar esos patrones [20]. En general, dicha representación se realiza en términos de una colección de componentes y las interacciones que tienen lugar entre ellos.

La arquitectura implementada se denomina Modelo-Vista-Controlador (MVC) [21], la cual contempla una estructura de tres capas, separando la interfaz, el comportamiento y los datos (Fig. 2). Esto simplifica la implementación y posibilita la reutilización de los componentes desarrollados. En la arquitectura, cada capa está constituida por una colección de componentes, los cuales, al ser ejecutados en forma individual o conjunta, permiten la realización de los procesos requeridos.

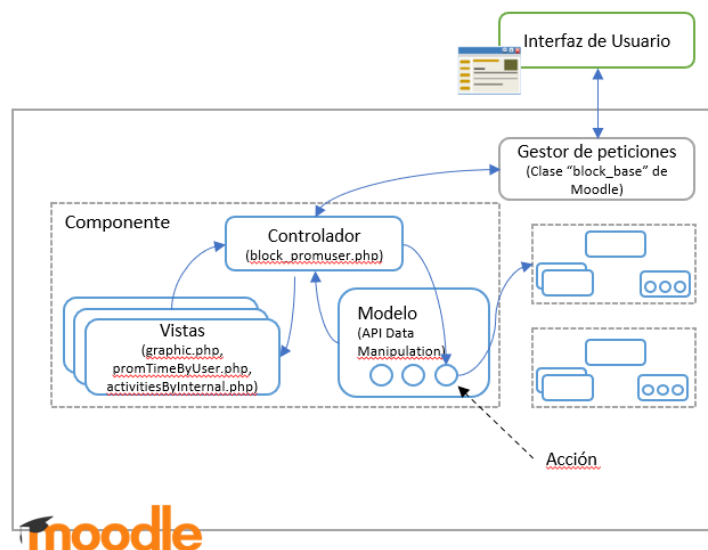


Figura 2. La arquitectura MVC. Elaboración propia

La arquitectura MVC es muy utilizada en el desarrollo Web, pues permite la representación de un mismo conjunto de datos de forma diferente, lo que se denomina una Vista, y asocia cada Vista a un comportamiento particular de la aplicación, denominado Modelo. De esta forma, cuando los datos se modifican en una de las Vistas, todas las representaciones también se actualizan.

Esta arquitectura se encuentra limitada al API proporcionada por Moodle para el desarrollo de nuevos *plugins*. Mediante el archivo principal denominado en este caso "block_promuser.php" se observa que funciona como un controlador encargado de gestionar toda la actividad mediante el control de flujo de datos entre los modelos y las vistas.

Las Vistas se encuentran distribuidas en múltiples archivos tales como “graphic.php”, “promTimeByUser.php” y “activitiesByInternal.php” que son cargadas y enviadas respectivamente por el controlador.

Cuando el usuario interactúa con una de las vistas, el controlador detecta el cambio y solicita los datos a alguno de los modelos ya definidos que proporciona Moodle mediante su API de *Data Manipulation*, que fueron abstraídos y manipulados para la devolución de resultados relevantes para este *plugin*.

Dicho de otra forma, el *plugin* de tipo bloque extiende la clase “block_base” de Moodle como un controlador, el cual devuelve la vista que será presentada en el curso. De igual forma, se encarga de gestionar la actividad del usuario ejecutando los modelos necesarios para actualizar la información a presentar ante los mismos mediante AJAX.

3.4 Tecnologías involucradas

Desarrollar una aplicación Web implica una adecuada selección de tecnologías estándares que sean de libre distribución e independientes de cualquier plataforma de ejecución, lo que garantiza su portabilidad, disponibilidad, compatibilidad y eficiencia [20].

A continuación, se listan los principales lenguajes de desarrollo involucrados en el *plugin*. Para cada uno de ellos se da una breve información de su cometido [22]:

- Lenguaje HTML (HyperText Markup Language) para la elaboración de las páginas Web que conforman la interfaz visible del componente. Establece la estructura y contenido de texto o imágenes de la página.
- Lenguaje CSS (Cascade Style Sheets) para definir la presentación de una página Web en términos de un formato y tipografía específica, independiente de la implementación. A los archivos CSS se les denomina hojas de estilo.
- Lenguaje JavaScript, para manipular dinámicamente los distintos elementos de la interfaz, lo que permite establecer nuevos estilos de interacción como AJAX. Generalmente los archivos JavaScript constituyen componentes interactivos (*widgets*).
- Lenguaje PHP, para el desarrollo de componentes de software, funciones y bibliotecas. Es el lenguaje fundamental de la plataforma Moodle y su intérprete puede integrarse de manera eficiente en el servidor Web Apache.
- Lenguaje SQL para manipular la información de la base de datos de Moodle.

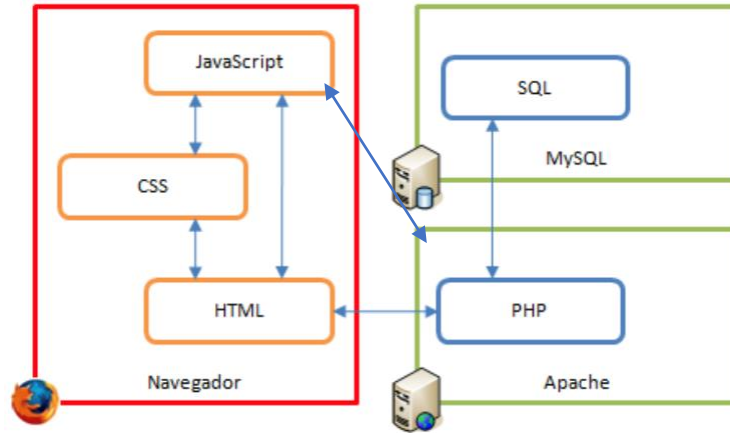


Figura 3. Interacción de las tecnologías de desarrollo Web. Elaboración propia

La Fig. 3 presenta el esquema de interacción de todas las tecnologías involucradas. Para la visualización de datos se utiliza la biblioteca D3.js [23] que permite un desarrollo fácil y competente de las gráficas necesarias para presentar los datos mediante HTML, SVG y CSS. D3.js es una biblioteca de código en JavaScript, para manipular documentos basados en datos, combinando componentes de visualización potentes y un enfoque basado en datos para la manipulación DOM (Document Object Model.).

3.5 Acceso a la bitácora Moodle

El *plugin* interactúa con la base de datos de Moodle a través del *Data Manipulation API* utilizando la información de las tablas *user_enrolments*, *user*, *enrol*, *logstore_standard_log* y *course* (Tabla II).

La *Data Manipulation API* tiene todas las funciones requeridas para acceder a la base de datos de Moodle. Se recomienda usar exclusivamente estas funciones para recuperar o modificar el contenido de la base de datos, pues proporcionan un alto nivel de abstracción y garantizan que la manipulación de la base de datos funcionará con diferentes sistemas de gestión de bases de datos manteniendo la compatibilidad del componente para futuras actualizaciones de Moodle.

Tabla 2: Tablas utilizadas de Moodle. Elaboración propia

Tabla	Descripción
user	Esta tabla almacena información del perfil del estudiante y en especial, el identificador único del mismo.
course	Esta tabla almacena información del curso o cursos, al que pertenece el estudiante, así como un identificador único.
enrol	Posee el identificador del curso, junto con información del mismo, respecto a cuándo se registró el curso y cuándo finaliza.
logstore_standard_log	Esta tabla almacena todos los movimientos realizados por el estudiante en la plataforma, junto a su respectiva fecha y hora.
User_enrolments	Esta tabla almacena cuándo un usuario se registra en un curso y su pertenencia al mismo.

3.6 Interfaz del componente

La aplicación Web, es la interfaz visible de nuestro *plugin* Moodle. En su diseño se consideraron tópicos de la Arquitectura de la Información [24]: la distribución del contenido textual, la cantidad de elementos gráficos, la presencia de menús descriptivos, el uso de enlaces, entre otros, así como las recomendaciones y especificaciones provistas por Moodle [16]. El propósito es crear un sistema funcional y estético en términos de la interfaz de usuario.

Para ello, se ha optado por un Diseño Centrado en el Usuario [25], que tiene como propósito mejorar su experiencia mediante su caracterización, la identificación de sus necesidades y el análisis de su comportamiento.

A partir del establecimiento de los objetivos y necesidades de los usuarios potenciales, se caracterizan perfiles que agrupan necesidades, experiencias y atributos comunes. Esto permite definir arquetipos [26] y escenarios de acción que contextualizan una situación de uso. Como resultado, se desarrollan prototipos que son validados mediante heurísticas y pruebas con usuarios reales para aceptar aquellas propuestas útiles. Por último, se implementa el sistema para su utilización y mantenimiento.

Con el objetivo de evitar la sobrecarga de información en la interfaz del componente, se ha realizado un diseño de interfaz que considera cada tipo de métrica, su visualización y el comportamiento de los elementos de interacción (Tablas, gráficos, botones, listas de selección) (Fig. 4).

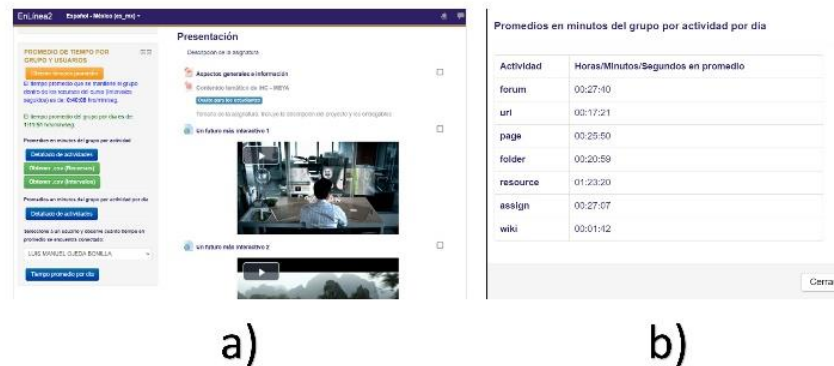


Figura 4. Interfaz del *plugin* vista como bloque dentro de un curso (a) y cómo se visualiza el contenido (b). Elaboración propia

Esto permite estructurar todo el conjunto con una consistencia visual y fomenta la sensación de estabilidad dentro de la aplicación, trayendo como consecuencia una mayor facilidad en la navegación y exploración por parte de los usuarios novatos, agilizando la ejecución de las tareas.

Los contenidos y descripciones han sido estructurados para una fácil lectura y comprensión. Las imágenes utilizadas han sido limitadas tanto en cantidad como en variedad. La resolución y tamaño elegido permiten una disminución del tiempo de espera con respecto a la descarga de la página sin restar su significado.

Se han aprovechado las características de las tecnologías utilizadas (componentes, plantillas, caché, compresión, simplificación de código) para optimizar la descarga y despliegue de las páginas.

Respecto al *plugin* propuesto, éste es de un tipo de componente denominado por Moodle como “Bloque (*block*)”, el cual permite ser añadido por los profesores de un curso de manera estática, en la parte izquierda o derecha de donde se presentan los recursos del curso (Fig. 4a). Este *plugin* debe ser configurado dentro del panel de administración de Moodle con el fin de ser visualizado únicamente por los profesores, evitar que los estudiantes tengan acceso a información confidencial de sus compañeros de curso.

3.7 Archivos principales

Definiendo la estructura del *plugin*, podemos mencionar que consta de diversos archivos tales como:

- 4 *version.php*: Archivo de configuración necesario para Moodle que posee el nombre del componente, su versión y la versión necesaria del Moodle para ser instalado.
- 5 *block_promuser.php*: Archivo principal encargado de la interfaz del usuario, el cual solicita información de los demás archivos para realizar los cálculos necesarios para los resultados anteriormente mencionados.
- 6 *downloadCSV.php*: Archivo encargado de generar un CSV con la información detallada de los resultados, donde se incluye el nombre del alumno y sus tiempos dentro del curso.
- 7 *downloadCSVInternal.php*: Archivo encargado de generar un CSV con la información utilizada de los resultados, donde se incluye el nombre del alumno, nombre del recurso y el tiempo invertido en ese recurso.
- 8 *generalInformation.php*: Archivo que genera los promedios basado en la información de los alumnos respecto a su tiempo invertido dentro del curso y dentro de cada recurso.
- 9 *getProm.php* y *getPromByDayUser.php*: Archivos necesarios para obtener el promedio en minutos del grupo por actividad al día.
- 10 *promTimeByUser.php*: Archivo que genera la interfaz de usuario donde se mostrarán los datos obtenidos de los dos anteriores archivos.
- 11 *graphic.php*: Archivo encargado de generar el gráfico que muestra el tiempo que dedica un alumno al curso por día.

4 Caso de estudio

El proceso de evaluación del software considera realizar dos tipos de valoraciones para garantizar la calidad de un producto: verificación y validación [20].

Mientras que la verificación se orienta a comprobar que el producto ha sido desarrollado correctamente, la validación evalúa el producto desarrollado contrastándolo con las necesidades planteadas, es decir, si se ha construido el producto correcto según los objetivos iniciales.

Este caso de estudio se centra en la validación del componente, siendo su objetivo principal comprobar que el *plugin* propuesto es consistente con los objetivos para los que ha sido desarrollado.

Primero se incorporó el *plugin* en el curso Moodle, denominado “Interacción Humano-Computadora (Grupo B)” de la Licenciatura en Ingeniería de Software ofrecido por la Facultad de Matemáticas de la Universidad Autónoma de Yucatán en 2019. El número de estudiantes inscritos fue de 28.

Se validaron que las funcionalidades programadas estuvieran disponibles y no generasen errores o afectaran el desempeño de la plataforma Moodle. Posteriormente, se generaron las analíticas del aprendizaje para el grupo y algunos estudiantes para su comprobación. A continuación, se presentan algunos ejemplos de los resultados obtenidos.

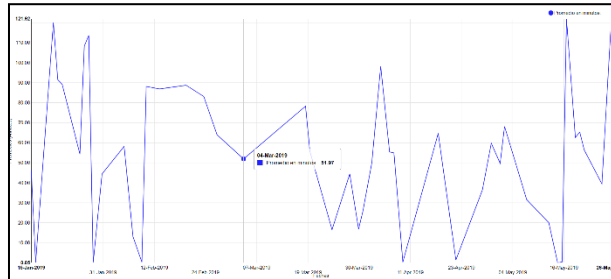


Figura 5. Gráfico de resultados generado por el componente de un alumno. Elaboración propia

a = Hora de ingreso a recurso externo del curso

b = Hora de ingreso a un recurso del curso

$$\sum_{i=1}^{n=Cantidad\ de\ lapsos\ de\ tiempo\ por\ alumno\ del\ día\ F} (a_i - b_i) \quad (1)$$

En esta gráfica (Fig. 5) se observa en el eje y (vertical) la cantidad de tiempo promedio que un alumno se mantiene en el curso por día, donde en el eje x (horizontal) observamos los días en que realizó el ingreso, esto es obtenido a través de la suma de los tiempos por recurso ocupados por los alumnos por día (ecuación 1). Con esto se puede observar en qué fechas ocupan los alumnos una mayor cantidad de tiempo dentro del curso respecto a otros días.

Tal como se observa en la figura 4b, los resultados obtenidos por el grupo de “Interacción Humano-Computadora (Grupo B)” una vez finalizado el curso, demuestran un comportamiento superior respecto al tiempo que se dedica al recurso de tipo “resource” (Archivos, imágenes, videos, etc) frente a los demás, observando una mayor interacción con el mismo. Cabe resaltar que cada tipo de recurso ofrece una experiencia educativa distinta que nos permitirá correlacionar los resultados aquí observados con distintos aspectos del grupo tales como calificación, tiempo total de conexión, entre otros.

Todo ello nos permite comprobar que el componente propuesto cumple con su propósito inicial, quedando pendiente la validación de su usabilidad en un experimento que involucre usuarios potenciales.

5 Conclusiones

Las analíticas del aprendizaje pueden ser aplicadas en sistemas *e-learning* de una forma transparente, mediante el uso de componentes con el fin de disminuir la necesidad de conocimientos previos o avanzados. Se obtiene un beneficio de procesar las grandes cantidades de información que se almacenan en estas plataformas, permitiendo así, la automatización del proceso necesario para analizar la información y presentar los resultados obtenidos [12]. De igual forma, estos resultados

pueden ser representados mediante gráficas con el fin de identificar y observar patrones basados en el progreso de los estudiantes para determinar los resultados de uno con respecto al grupo (Fig. 7), así como la mejora del curso a través de la adaptación de nuevos recursos que mejoren el aprendizaje.

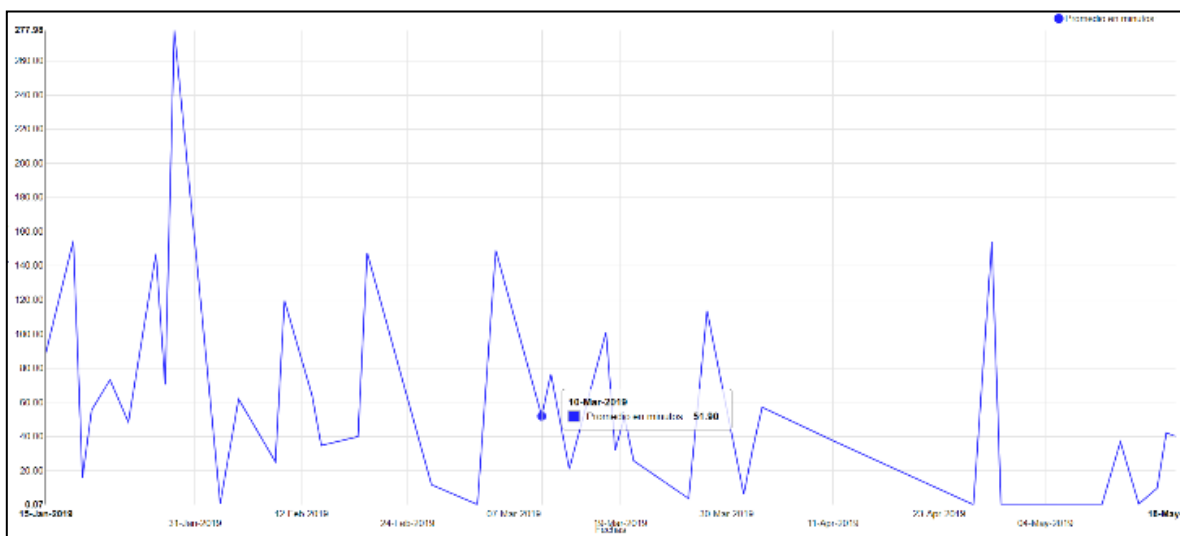


Figura 7. Visualización de los accesos a un curso por un estudiante. Elaboración propia

Los resultados representados mediante los gráficos proveen información a los profesores respecto de los tiempos que sus estudiantes dedican a interactuar con los recursos previamente descritos, permitiendo conocer el comportamiento del grupo dentro de un curso Moodle. Con esto, es posible realizar un seguimiento continuo sobre el progreso que un estudiante puede presentar sobre los demás integrantes del grupo.

El *plugin* provee resultados que favorecen la planeación de nuevas estrategias, las cuales pueden dar soporte a la gran demanda de actividades vía digital, con el objetivo de mejorar el aprendizaje en los estudiantes.

Y es que, ante la situación que el mundo está experimentando hoy, se hace necesario limitar la propagación de enfermedades contagiosas. La pandemia de COVID-19 ha incentivado las actividades basadas en la computadora que reducen la presencialidad de las personas y la educación no es una excepción; la educación a distancia en todos sus aspectos y variaciones es una alternativa importante para mantener una distancia saludable. En este sentido, los sistemas de gestión del aprendizaje se convierten en espacios en línea donde se evidencia toda la actividad realizada por el alumno. Sin embargo, para tener un panorama completo, se requieren herramientas que generen información pertinente asociada al proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Tal como se mencionó previamente, nuestra propuesta se extiende de Moodle como una herramienta que ofrece valor al proceso de aprendizaje, incorporando nuevas funcionalidades que posibilitan una fácil e interactiva comprensión de los resultados obtenidos.

Al implementar la arquitectura de un *plugin* para Moodle, se posibilita el uso de éste en diferentes versiones de la plataforma, incluso favoreciendo la velocidad del mismo respecto a su funcionamiento. Esto trae consigo que su uso por los profesores requiera de la descarga y adición a Moodle mediante el administrador que gestiona la plataforma en su centro de estudios.

Es importante comentar que un aspecto por mejorar es establecer el tiempo que un estudiante está conectado en Moodle, ya que en algunos casos el usuario no cierra explícitamente la sesión sino cierra directamente la ventana del navegador y con ello se generan valores equivocados.

Adicionalmente, esta propuesta puede ser aplicada a cursos de diversas disciplinas, no necesariamente informáticas, por lo que los resultados obtenidos podrían variar conforme a la disciplina aplicada, siendo esto una posible investigación a futuro.

Igualmente, podría sugerir las nuevas opciones de análisis de aprendizaje incluidas en la última versión de Moodle a través de la *Learning Analytics* API, que permite explorar los datos almacenados en Moodle desde nuevas perspectivas.

Se pretende incorporar estas opciones a partir de la información almacenada en la bitácora de Moodle y explorar nuevas técnicas de visualización, así como su aplicación a los grupos de estudiantes, con el fin de evaluar la efectividad de la propuesta en términos de su usabilidad.

Referencias

- [1] K. R. Koedinger, R. S. J. D. Baker, K. Cunningham, A. Skogsholm, B. Leber, and J. Stamper, "A data repository for the EDM community: The PSLC datashop," in *Handbook of Educational Data Mining*, Chapman & Hall/CRC, 2010.
- [2] V. H. Menéndez-Domínguez and M. E. Castellanos-Bolaños, "La calidad en los Sistemas de Gestión del Aprendizaje," *Abstr. Appl. Mag.*, vol. 4, 2014.
- [3] C. Romero, S. Ventura, M. Pechenizkiy, and R. S. J. D. Baker, *Handbook of educational data mining*. 2010.
- [4] J. Kay, I. Koprinska, and K. Yacef, "Educational data mining to support group work in software development projects," in *Handbook of Educational Data Mining*, Chapman & Hall/CRC, 2010.
- [5] Moodle, "Moodle Plugin Types." [Online].
- [6] Available: https://docs.moodle.org/dev/Plugin_types. [Accessed: 05-Jun-2020].
- [7] Moodle, "Moodle Plugins," 2020. [Online]. Available: <https://moodle.org/plugins>.
- [8] R. Iker, "Moodle, la plataforma para la enseñanza y la organización escolar," *IKASTORRATZA. e-Revista de Didáctica*, pp. 1–12, 2008.
- [9] F. García-Peñalvo, "Estado actual de los sistemas e-learning," *Teoría la Educ. Educ. y Cult. en la Soc. la Inf. ISSN 1138-9737, N.º. 6, 2, 2005 (Ejemplar Dedic. a Estado actual los Sist. e-learning)*, vol. 6, 2005.
- [10] I. Dimopoulos, O. Petropoulou, M. Boloudakis, and S. Retalis, "Using Learning Analytics in Moodle for assessing students' performance," *2nd Moodle Res. Conf.*, 2013.
- [11] A. T. CICEI ULPGC, "Blocks: Course dedication," 2020. [Online]. Available: https://moodle.org/plugins/block_dedication.
- [12] V. Fremaux, "Blocks: Use Stats," 2018. [Online]. Available: https://moodle.org/plugins/block_use_stats.
- [13] C. Romero, S. Ventura, and E. García, "Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial," *Comput. Educ.*, 2008, doi: 10.1016/j.compedu.2007.05.016.
- [14] L. Calvet Liñán and Á. A. Juan Pérez, "Educational Data Mining and Learning Analytics: differences, similarities, and time evolution," *RUSC. Univ. Knowl. Soc. J.*, 2015, doi: 10.7238/rusc.v12i3.2515.
- [15] C. Chen, W. Härdle, and A. Unwin, *Handbook of Data Visualization*, 2008 ed. (. Springer, 2008.

- [16] K. Schwaber and J. Sutherland, "The Scrum Guide - The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game," *Scrum.org*, October. 2011, doi: 10.1053/j.jrn.2009.08.012.
- [17] Moodle, "Moodle Dev." [Online]. Available: https://docs.moodle.org/dev/Main_Page. [Accessed: 05-Jun-2020].
- [18] D. Gašević, S. Dawson, T. Rogers, and D. Gasevic, "Learning analytics should not promote one size fits all: The effects of instructional conditions in predicting academic success," *Internet High. Educ.*, 2016, doi: 10.1016/j.iheduc.2015.10.002.
- [19] N. Kadoic and D. Oreski, "Analysis of student behavior and success based on logs in Moodle," in *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2018 - Proceedings*, 2018, doi: 10.23919/MIPRO.2018.8400123.
- [20] N. Trcka, M. Pechenizkiy, and W. Aalst, "Chapter 9: Process Mining from Educational Data," in *Handbook of Educational Data Mining*, 2010, pp. 123–142, doi: 10.1201/b10274.
- [21] R. Pressman, *Ingeniería del Software - Un enfoque práctico - Sexta Edición*. 2006.
- [22] A. Leff and J. T. Rayfield, "Web-application development using the Model/View/Controller design pattern," in *Proceedings - 5th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference*, 2001, doi: 10.1109/EDOC.2001.950428.
- [23] M. Wandschneider, *Core Web Application Development with PHP and MySQL*. Prentice Hall Professional Technical Reference, 2006.
- [24] D3, "D3.js." [Online]. Available: d3js.org. [Accessed: 05-Jun-2020].
- [25] P. Morville, *Information architecture for the World Wide Web*, vol. 40, no. 06. 2003.
- [26] J. Jacko and A. Sears, "The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications," 2002, p. 1312.
- [27] Y. Hassan Montero, G. Iazza, and F. Martín Fernández, "Diseño Web Centrado en el Usuario: Usabilidad y Arquitectura de la Información," *Hipertext.net*, 2004.