



Sistema de gestión de conocimiento adaptado al entorno educativo: Área matemática en el nivel superior

Knowledge management system adapted to educational environment: Mathematical area at the higher level

Yobani Martínez-Ramírez

Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ingeniería Mochis, México
yobani@uas.edu.mx
ORCID: 0000-0002-4967-9187

Alan Ramírez-Noriega

Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ingeniería Mochis, México
Universidad Autónoma Indígena de México, Los Mochis, Sinaloa, México
alandramireznoriega@uas.edu.mx, dralanramirez@uaim.edu.mx
ORCID: 0000-0002-8634-9988

María del Consuelo Cortés Velázquez

Universidad de Guadalajara, México
consuelo.cortes@cuc.udg.mx
ORCID: 0000-0001-5387-7226

Aníbal Zaldívar-Colado

Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática Mazatlán, México
azaldivar@uas.edu.mx
ORCID: 0000-0002-6622-6630

doi: <https://doi.org/10.36825/RITI.08.16.008>

Recibido: Octubre 12, 2020
Aceptado: Diciembre 12, 2020

Resumen: En este trabajo de investigación se presenta la implementación de un sistema de gestión de conocimiento (SGC) adaptado al entorno educativo para docentes del área matemática. Se consideró una arquitectura de tres capas con servicios de interfaz, servicios de procesos y servicios de base de conocimiento. La capa de servicios de conocimiento combina el modelo de ontología con el modelo de casos para estructurar y almacenar el conocimiento matemático del docente. Los resultados indican promedios aceptables de 80% en eficacia en la solución de problemas y 51% en la precisión en el proceso de búsqueda, pero con una eficiencia basada en el tiempo para la solución de problemas de apenas un 41%. En cuanto al resultado de la correlación de entre precisión-eficacia y precisión-eficiencia se encontró una correlación positiva moderada con una probabilidad

de error menor al 5%. El resultado de usabilidad indica una puntuación promedio de 70 puntos SUS (*System Usability Scale*), o bien, expresado en palabras la experiencia del usuario es “ok”.

Palabras clave: *Sistema de Gestión de Conocimiento, Solución de Problemas Matemáticos, Entorno Educativo.*

Abstract: This research work presents the implementation of a Knowledge Management System (KMS) adapted to the educational environment for teachers in the mathematical area. A three-tier architecture with interface services, process services, and knowledge base services was considered. The knowledge services layer combines the ontology model with the case model to structure and store the teacher's mathematical knowledge. The results indicate acceptable averages of 80% in problem-solving efficacy and 51% in search-process precision, but with a time-based efficiency problem-solving of just 41%. Regarding the result of the correlation between precision-efficacy and precision-efficiency, a moderate positive correlation was found with a probability of error of less than 5%. The usability result indicates an average score of 70 points SUS (*System Usability Scale*), or, expressed in words, the user experience is “ok”.

Keywords: *Knowledge Management System, Solving of Mathematical Problems, Educational Environment.*

1. Introducción

En el ámbito escolar, la gestión de conocimiento (GC) permite conservar la experiencia docente, desarrollar comunidades de conocimiento, fomentar la cultura del aprendizaje, y aumentar la efectividad en el proceso de enseñanza y aprendizaje [1]. Una adecuada gestión de este conocimiento puede evitar que la experiencia docente, acumulada durante años de servicio, se pierda cuando el académico se retira de las aulas.

La GC es una estrategia que puede ser utilizada por las escuelas para mejorar el rendimiento competitivo y facilitar la gestión del conocimiento docente [2]. Los expertos en una determinada área de conocimiento son los docentes. Facilitar la colaboración y el intercambio de conocimiento entre el cuerpo de docentes mediante esta estrategia, permite que este conocimiento se comparta y extienda ganando con ello competitividad para estudiantes y para profesores poco experimentados. Este conocimiento puede ser útil para la resolución de problemas y el soporte en la toma de decisiones [3].

La GC matemático busca desarrollar nuevas y mejores formas de administrar el conocimiento matemático utilizando sofisticadas herramientas de software [4]. El conocimiento que generan los docentes, en específico en el área matemática, generalmente se encuentra en apuntes de libreta, guía de ejercicios resueltos, diapositivas con fórmulas matemáticas, o en documentos con procedimientos matemáticos en formato PDF (*Portable Document Format*). En la mejor situación este conocimiento es compartido desde la nube o desde plataformas virtuales de aprendizaje, en un formato poco estructurado o sin estructura. Para hacer frente a este problema están los Sistemas de Gestión de Conocimiento (SGC).

Los SGC pueden aplicarse en el sector educativo [5]. Los SGC son plataformas que se pueden utilizar como tecnología de la información (TI) para soportar los procesos de conocimiento [6]. Sin embargo, estos sistemas deben integrarse y adaptarse para satisfacer las necesidades de una comunidad específica, esto es debido a que el conocimiento no radica en los elementos técnicos sino en las personas que pueden actuar sobre el conocimiento [7].

En este trabajo se implementa una arquitectura propuesta por [8] en donde se busca el desarrollo de un SGC a la medida en función de las necesidades del entorno educativo y delimitado al conocimiento de los docentes expertos del área matemática. De esta manera, se considera importante: (a) El uso de ontologías de dominio para la representación de conocimiento e inferencia asociada. La aplicación de este modelo en un SGC facilita el almacenamiento, la búsqueda, y la transferencia de conocimiento [9], [10]; (b) El uso de casos para denotar una situación problemática. Mediante este modelo una situación previamente experimentada, es capturada y aprendida de una manera que se puede reutilizar en la resolución de problemas en el futuro [11], cuando se habla de un problema y su solución, esto es precisamente la experiencia del usuario [12].

En este sentido, se plantea un SGC adaptado para las Instituciones de Educación Superior (IES) que pueda contribuir en el aprovechamiento del conocimiento matemático generado por el docente. Este aprovechamiento se puede ver reflejado en un incremento en la eficacia y la eficiencia en la solución de problemas matemáticos. Por otra parte, se considera que estas variables tienen correlación directa con la precisión en la recuperación de

conocimiento de la base ontológica. Así también, la usabilidad del sistema es relevante ya que en la medida en que se considere de fácil manejo, entonces, el usuario lo utilizará para localizar experiencia docente almacenada para la solución de problemas matemáticos.

Este documento está organizado de la siguiente manera: la segunda sección presenta el estado del arte y los conceptos relacionados con este trabajo de investigación. La tercera sección presenta los materiales que se ocuparon para el diseño, desarrollo e implementación del software y el método aplicado para la evaluación del SGC adaptado al entorno educativo en términos de su eficacia, eficiencia en la solución de problemas, la precisión de la búsqueda de conocimiento, la correlación entre las variables antes mencionadas y las pruebas de usabilidad de la interfaz. Las secciones finales muestran resultados y discusiones de las evaluaciones, las conclusiones a las que se llegaron y las referencias consultadas.

2. Estado del arte

La presente investigación da continuidad al trabajo publicado en [8]. En este trabajo se implementa una arquitectura de un SGC de un modelo basado en ontologías y un modelo basado en casos para las IES con el objetivo de contribuir en el aprovechamiento del conocimiento matemático generado por el docente. A continuación, se exponen algunos trabajos relacionados con la implementación de un SGC.

En [13], se propone un sistema que combina el modelo de ontología y la metodología de razonamiento basado en casos, cuyo objetivo es mejorar la eficacia en la localización de conocimiento y la eficiencia en la resolución de problemas. Para ello, los autores diseñan una arquitectura de cuatro capas: 1) la capa de presentación, que permite establecer términos de consulta; 2) la capa de anotaciones, que sirve para funciones de enlace entre otras capas; 3) la capa conceptual, que contiene ontologías; 4) la capa física, que almacena una memoria organizacional representada en casos.

En [14], se presenta un prototipo de un SGC para mejorar el rendimiento de una Universidad. Para ello, diseñan una arquitectura de un sistema de siete capas en función de las necesidades de procesos detectadas en la institución educativa. Las siete capas de la arquitectura son: 1) interfaz web; 2) control de acceso; 3) inteligencia colaborativa y filtrado; 4) aplicación de los procesos; 5) middleware; 6) transporte para intercambio de datos; y 7) repositorio para almacenar y clasificar datos). La implementación del SGC se realizó utilizando el software Microsoft SharePoint.

En [15], se presenta una propuesta de un SGC mediante la integración de procesos de GC en sistemas e-learning. Con esta propuesta se busca mejorar la eficacia en los resultados de aprendizaje en los estudiantes de una Universidad. Para lograrlo, los autores implementan un repositorio de un dominio de conocimiento del área social en un sistema virtual de aprendizaje (Moodle). Para localizar el conocimiento relevante se aprovechan las capacidades de búsqueda del mismo sistema y para facilitar la interiorización del conocimiento se utiliza un módulo de presentación y visualización de conocimiento para mejorar la entrega del aprendizaje.

En [9], se presenta el ecosistema digital OntoMath el cual está conformado con software para la GC matemático, software para el análisis de texto, y por ontologías. La implementación del sistema incluye un servicio de búsqueda semántica de fórmulas matemáticas y un sistema de recomendación en función del perfil y el escenario de trabajo del usuario. OntoMath tiene como fin conformar una biblioteca mundial digital de documentos matemáticos para recuperar artículos científicos matemáticos.

2.1. Conceptos

2.1.1. Gestión de Conocimiento

La Gestión de Conocimiento (GC) es la administración de los procesos que rigen la creación, diseminación y utilización del conocimiento mediante la fusión de las tecnologías, las estructuras organizacionales y las personas para generar aprendizajes, resolución de problemas y la toma de decisiones más eficaces en una organización [16]. La GC es considerada en gran medida como un proceso que incluye al menos cuatro procesos básicos: (a) creación; (b) almacenamiento/recuperación; (c) transferencia; y (d) aplicación del conocimiento. Estos procesos principales pueden subdividirse, por ejemplo, en la creación de conocimiento interno, la adquisición de conocimiento externo, el almacenamiento del conocimiento en documentos, así como la actualización y el intercambio de conocimientos de manera interna y externa [17].

2.1.2. Sistemas de Gestión de Conocimiento

Un Sistema de Gestión de Conocimiento (SGC) puede definirse como un sistema que consta de un conjunto de métodos, procedimientos y rutinas creadas para llevar a cabo actividades de gestión de conocimiento y de información, así como para almacenar y recuperar el conocimiento, mejorar la colaboración, localizar las fuentes de conocimiento, capturar y utilizar el conocimiento, o en alguna otra forma de mejorar el proceso de GC para resolver problemas relacionados con el conocimiento [5]. Los SGC son sistemas basados en las tecnologías de la información, desarrollados para apoyar y mejorar los procesos relacionados con la creación, el almacenamiento, la recuperación, la transferencia, y la aplicación del conocimiento de la organización [17].

2.1.3. Ontologías y casos

Una ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida. En esta definición "conceptualización" se refiere a un modelo abstracto de algún fenómeno del mundo del que se identifican los conceptos que son relevantes; "explícito" significa que el tipo de conceptos utilizados y las restricciones sobre su uso se definen explícitamente; "formal" se refiere al hecho de que la ontología debe ser legible por máquina, lo que excluye el lenguaje natural; "compartido" refleja la noción de que una ontología capta el conocimiento consensuado, es decir, no es privado para un individuo, sino que es aceptado por un grupo [18]. El objetivo principal de las ontologías es proporcionar una plataforma que facilite el intercambio y la reutilización de conocimiento entre grupos en una forma computacional [19].

Un caso por lo general es una situación previamente experimentada, que ha sido capturada y aprendida de una manera que se puede reutilizar en la resolución de problemas en el futuro, se conoce como un caso pasado, caso anterior, caso almacenado o caso conservado. Correspondientemente, un nuevo caso o un caso sin resolver es la descripción de un nuevo problema a resolver [11]. Los casos son experiencias y esas experiencias tienen un contexto. Una experiencia es un episodio grabado que ocurrió en el pasado y son utilizadas para ayudar a resolver problemas en el futuro o tomar decisiones futuras. Una metodología que utiliza las experiencias para resolver problemas es el razonamiento basado en casos (RBC); por lo tanto, debe haber algo en la experiencia que habla de un problema y su solución. Una experiencia se divide en dos partes: (1) La descripción del problema, donde se indica el contexto de este; (2) La solución que puede ser simple, o bien, con comentarios sobre la estrategia, el efecto o el uso de la solución. Los casos pueden estar disponibles en forma textual, visual, o en audio [12].

3. Materiales y métodos

En esta sección se describe la arquitectura adoptada de [8] del SGC, el diseño de la ontología, la estructura de los casos, las herramientas utilizadas para el desarrollo e implementación del SGC y el método de evaluación.

3.1. Arquitectura

La mejor manera de estructurar el sistema es hacer uso del patrón de diseño modelo-vista-controlador (MVC). El MVC es un patrón de diseño de arquitecturas de software generalmente utilizada para aplicaciones basadas en web. Muchos desarrolladores usan MVC como patrón de diseño estándar ya que es un marco completo. En este sentido se utilizan tres capas para facilitar el desarrollo del software [20].

- Capa de presentación (Vista). Esta capa especifica qué datos del modelo deben ser presentados. Las vistas se utilizan para preparar la interfaz de la aplicación.
- Capa de lógica de negocios (Controlador). Esta capa maneja y responde solicitudes del usuario, procesa información y modifica el modelo si es necesario. También selecciona la vista adecuada que se debe mostrar al usuario.
- Capa de persistencia (Modelo). Esta capa representa los datos y las reglas que permiten su recuperación, inserción o actualización.

Por lo anterior, la Figura 1 presenta la arquitectura de un SGC adaptado al entorno educativo, así como su relación con el modelo MVC. Para la GC del entorno educativo se utilizó el modelo de ontologías y el modelo de casos.

La ontología representa conocimiento que se relaciona con la solución de un problema de un docente experto en el área matemática. Los problemas matemáticos corresponden a ecuaciones lineales junto con la solución, esto es, los valores de las variables que satisfacen la ecuación. Los casos representan información detallada de la solución de un problema matemático (descripción del problema, identificación de variables, deducción del sistema de ecuaciones, método de solución y análisis de resultado) que puede ser reutilizado por los usuarios.

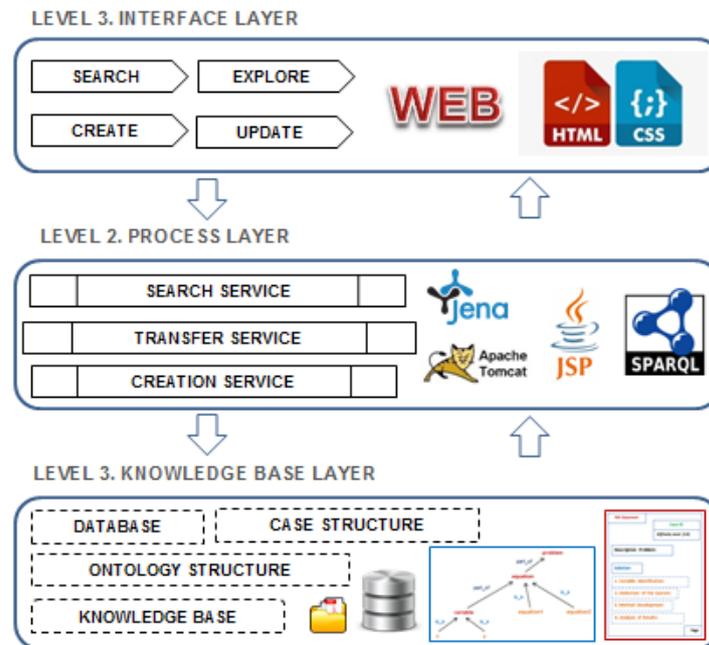


Figura 1. Arquitectura de un SGC basado en ontologías y basado en casos.

En la Figura 1 se muestra la propuesta de una arquitectura de tres niveles. La arquitectura del SGC, considera tres (3) servicios diferentes relacionados con actividades de GC:

1. Servicio de base de conocimiento: El primer nivel en el modelo de la arquitectura del SGC comprende los servicios de base de conocimiento. Este servicio de base de conocimiento se refiere a las características necesarias para implementar la GC. Los principales servicios proporcionados por la estructura base son la ontología, la base de conocimiento, los casos de solución de problemas matemáticos en extensión portable PDF y la base de datos para gestión de usuarios. La Figura 2 presenta la estructura de la ontología de un sistema de dos ecuaciones con dos variables (S2e2x). Esta estructura permite almacenar la deducción matemática de un problema mediante ecuaciones lineales. La Figura 3 muestra la estructura de un caso. Los casos son una experiencia que ha sido capturada por el docente experto y contiene una descripción detallada de la solución de un S2e2x.
2. Servicios de procesos: El segundo nivel en el modelo de arquitectura del SGC comprende los servicios de procesos. Los servicios de procesos pretenden ayudar a alcanzar los objetivos de GC. Estos objetivos son promover el proceso de creación de nuevos conocimientos, realizar búsquedas en los repositorios de conocimiento y facilitar la transferencia de conocimiento entre los usuarios.
3. Servicios de interfaces: El tercer nivel en el modelo de arquitectura del SGC comprende los servicios de interfaces. Es una especie de intermediario entre el usuario y el repositorio de conocimiento. El objetivo consiste en ayudar en el proceso de aplicación del conocimiento. Para ello se consideran las funciones de personalización y visualización del conocimiento.

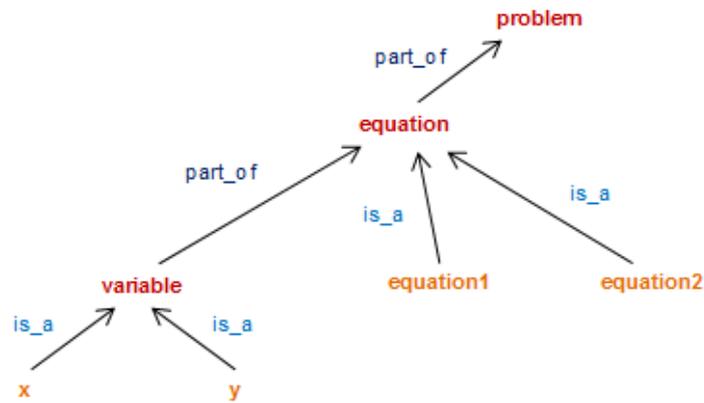


Figura 2. Estructura de la Ontología de un S2e2x.

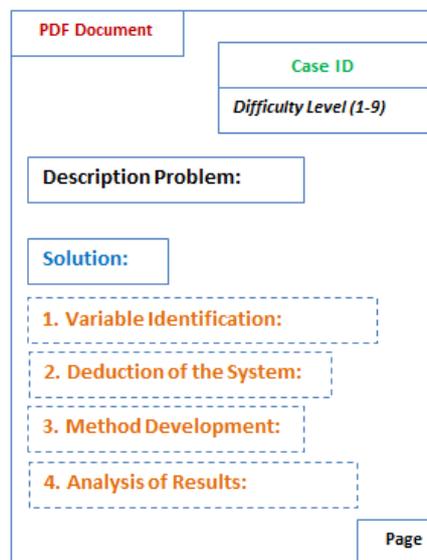


Figura 3. Estructura de un caso con la solución de un S2e2x.

3.2. Implementación

Para el desarrollo del sistema se trabajó con el lenguaje HTML y CSS¹, lenguaje JSP² y lenguaje JAVA³. Todo operado desde un servidor web Tomcat Apache⁴. Así también, para interactuar con la base de conocimiento ontológica soportado con la tecnología Apache Jena Fuseki⁵ se utilizó el lenguaje de consultas SPARQL⁶. Por otro lado, para acceder a la base de datos con la información de los usuarios se utilizó el lenguaje de consultas SQL⁷.

En este contexto, se utilizó el lenguaje JSP embebido en páginas HTML con estilos CSS para construir el sitio web del SGC. De esta manera, se generaron páginas web dinámicas para recuperar información de usuarios y de la base de conocimiento ontológica. El uso del lenguaje JAVA fue indispensable para construir diversas clases

¹ <https://www.w3.org/standards/webdesign/htmlcss>

² <https://www.oracle.com/java/technologies/jspt.html>

³ <https://www.oracle.com/java/>

⁴ <http://tomcat.apache.org/>

⁵ <https://jena.apache.org/index.html>

⁶ <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

⁷ <https://www.w3.org/TR/webdatabase/>

para soportar las tareas de control de acceso de usuarios, exploración, administración y búsqueda de conocimiento. La Figura 4 presenta la implementación del SGC adaptado en el entorno educativo.

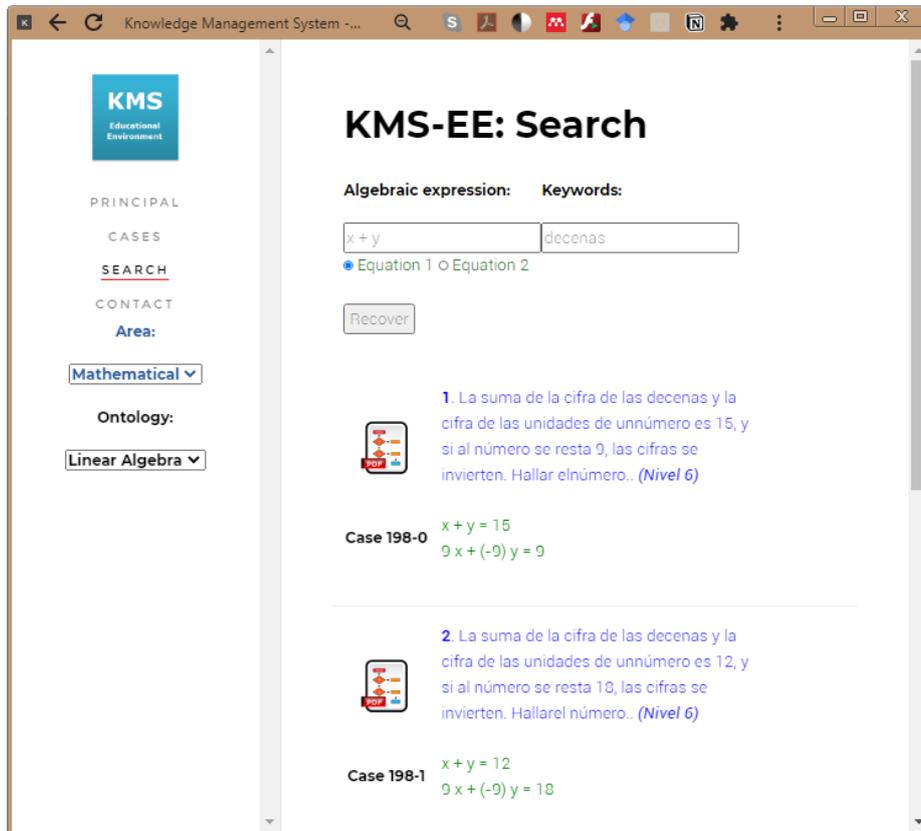


Figura 4. Implementación de SGC adaptado al entorno educativo.

3.3. Evaluación

En esta sección se describen los pasos que se aplicaron para evaluar el SGC adaptado al entorno educativo. En este contexto se evaluó la eficacia y la eficiencia en la solución de problemas matemáticos, la precisión de la búsqueda y el grado de correlación entre las distintas variables. Así también se aplicaron pruebas de usabilidad.

3.3.1. Participantes

El diseño de la investigación se enmarca en un estudio de caso. El estudio de caso investigado involucró a veinte (20) estudiantes de primer grado de una carrera de ingeniería con necesidades de recuperación de conocimiento para la solución de problemas de sistemas de dos ecuaciones con dos variables (S2e2x) durante un curso de álgebra lineal (AL). Los estudiantes participantes todos contaban con experiencia en el manejo de computadora e internet. En [21] se aborda un estudio sobre las TIC y la gestión de conocimiento, también se emplea una muestra similar.

3.3.2. Exámenes y rúbricas

Se registraron datos duros a través de diversos instrumentos de medición, exámenes. Los exámenes (con dos tipos de problemas) fueron aplicados directamente (auto-administrados) al grupo de participantes, considerando el uso del SGC para resolver problemas de S2e2x, todo desde un ambiente natural, para posteriormente hacer un análisis de datos. Para evaluar los exámenes se aplicaron rúbricas, y posteriormente, con los datos recolectados se analizó la incidencia e interrelación entre las variables identificadas: (a) eficacia en la solución; (b) eficiencia basada en

el tiempo de solución; (c) precisión de la búsqueda de problemas similares; (d) correlación entre la precisión-eficacia y la precisión-eficiencia; y (e) la usabilidad del SGC.

3.3.3. Procedimiento

El procedimiento para evaluar el SGC fue el siguiente:

1. Se asignó a cada participante un examen con dos tipos de problemas a resolver de S2e2x.
2. El participante inició el desarrollo del examen analizando la descripción de los problemas planteados.
3. El participante utiliza el SGC para plantear términos de búsqueda mediante: a) expresiones algebraicas de ecuaciones lineales que el mismo deduce; b) palabras clave que él considera importantes y que están contenidas en la descripción del problema que intenta resolver. El participante también utiliza el SGC para explorar la base de conocimiento de problemas resueltos. Estos están clasificados por nivel de complejidad.
4. El SGC muestra una lista de problemas similares (resueltos por docentes expertos) en formato portable PDF. La lista contiene una breve descripción del problema, la expresión algebraica de las ecuaciones y la solución del problema.
5. Antes de abrir cualquier documento, el participante analiza qué documento le puede ayudar en la solución del examen.
6. Una vez identificado el documento de interés, el participante abre el documento en formato portable PDF el cual contiene información detallada de la solución del problema.
7. Con la nueva información localizada, el participante continúa con el desarrollo de examen. El proceso se repite hasta que el participante considera que terminó el examen con éxito.
8. Una vez concluido el examen se les entregó a los participantes una encuesta de la evaluación de usabilidad del SGC.

La información contenida en el examen permitió evaluar la eficacia en la solución de problemas mediante una rúbrica, y los registros automáticos de las actividades realizadas por los participantes en el SGC permitieron evaluar la eficiencia basada en el tiempo y la precisión de la búsqueda. Finalmente, con los datos de las variables de evaluó el grado de correlación entre precisión-eficacia y precisión-eficiencia.

4. Resultados

Es importante mencionar que estos datos se obtuvieron en actividades de recuperación mediante el SGC a partir de los resultados de la solución del examen de la materia de AL. Para el análisis de los resultados se utilizó el sistema estadístico IBM SPSS⁸.

La eficacia alcanzada por los docentes expertos en la solución del examen es del 100%, esto representa el punto de referencia de la eficacia. El 90% de los usuarios alcanzaron una eficacia aceptable — es decir, un 0.45 (45%) alcanzó una calificación de *suficiente a buena* en el rango de 60-80% y otro 0.45 (45%) alcanzó una calificación de *buena a excelente* en el rango de 80-100%, así también los exámenes presentaron en la solución desarrollos más completos— con un promedio total general de 0.8 (80%) de eficacia. La Figura 5 presenta los porcentajes de eficacia lograda por cada usuario.

Por otra parte, la eficiencia promedio basada en el tiempo alcanzada por los estudiantes participantes fue de 0.95 (41%), esto en comparación con la eficiencia alcanzada por los docentes expertos.

En cuanto a la precisión, el 90% de los usuarios recuperaron conocimiento que les ayudó en la solución del examen planteado, con un promedio total de precisión de un 0.51 (51%).

Con respecto a la percepción de usabilidad del SGC adaptado al entorno educativo, el promedio alcanzado fue de 70 puntos SUS. Esta puntuación está por encima del promedio de 68, que en términos porcentuales es mayor que el 50%. Si se utilizan palabras para describir la experiencia de usuario el resultado es marginalmente aceptable u “ok”.

⁸ <https://www.ibm.com/mx-es/analytics/spss-statistics-software>

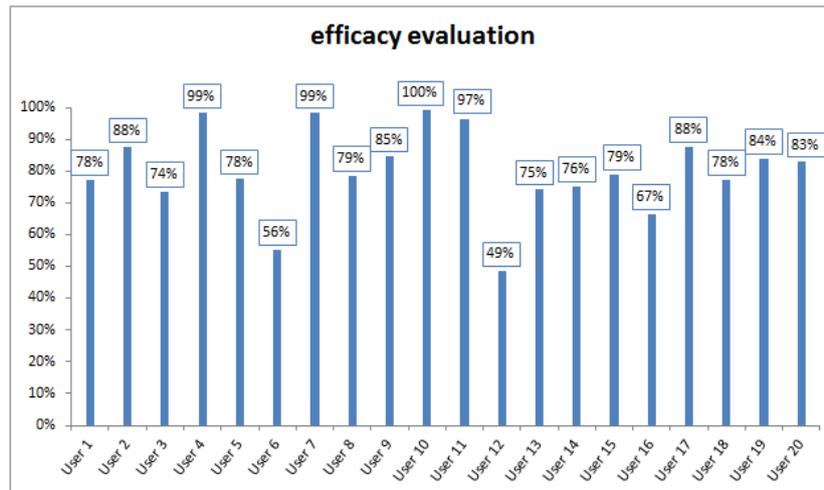


Figura 5. Porcentajes de la evaluación de la eficacia.

Finalmente, en cuanto al resultado de la correlación entre las variables: (a) El grado de correlación entre las variables precisión-eficacia, indica una asociación positiva, es decir, a una mayor/menor precisión corresponde una mayor/menor eficacia. El resultado de la evaluación de la correlación (r) entre la precisión y la eficacia, es $r = 0.456^*$. Esta es una correlación positiva moderada, el (*) indican que el coeficiente es significativo con probabilidad de error menor de 5%; (b) El grado de correlación entre las variables precisión-eficiencia, indica una asociación positiva, es decir, a una mayor/menor precisión corresponde una mayor/menor eficiencia. El resultado de la evaluación de la correlación (r) entre la precisión y la eficiencia, es $r = 0.446^*$. Esta es una correlación positiva moderada, los (*) indican que el coeficiente es significativo con probabilidad de error menor de 5%.

4.1. Discusiones

Aunque los resultados de la eficacia son aceptables con un valor promedio de 0.8 (80%) en la solución del examen (con dos problemas de S2e2x), esto puede deberse a que los estudiantes participantes cursaban la materia de álgebra lineal y sus conocimientos en relación con los problemas planteados aún se mantenían frescos. No obstante, dos estudiantes del grupo de veinte no aprobaron el examen propuesto.

Con respecto a la eficiencia basada en el tiempo de los estudiantes participantes, esta se encuentra aún muy alejada de la eficiencia del docente experto. Esto puede deberse a tres razones importantes: (1) El docente experto lleva años enseñando el tema y sus habilidades en la solución de S2e2x las ha perfeccionado, por lo tanto, le es más fácil resolver los problemas en un tiempo mucho menor, en contraparte, con el estudiante participante que le dedica más tiempo; (2) Los estudiantes le dedicaron tiempo (no considerado) en la sección de exploración de casos del SGC; (3) Los estudiantes menos hábiles en el tema, requerían más tiempo de consulta de problemas o casos. No obstante, con el uso del sistema, se alcanzó una eficiencia promedio de 41%.

Por otra parte, los resultados de la precisión en el proceso de búsqueda del SGC estuvieron por debajo de las expectativas. Esto puede deberse a dos razones principales: (1) La base de conocimiento se limita a 79 problemas o casos resueltos de S2e2x; (2) los términos de consulta expresados por medio de expresiones algebraicas no fueron los más apropiados. No obstante, con el uso del SGC con base ontológica se alcanzó una precisión promedio de 51%.

Luego, los resultados de la correlación entre las variables precisión-eficacia y precisión-eficiencia, indican en ambos casos una correlación positiva moderada con una probabilidad de error menor al 5%. Estos resultados se acercan más a una correlación positiva baja por lo que será importante atender los problemas identificados en el SGC e incrementar el número de usuarios que participan en la prueba.

Finalmente, los resultados de las pruebas de usabilidad presentan un resultado marginalmente aceptable debido a que el estudiante se adaptó poco a la actividad de la prueba. La prueba consistía en resolver un examen con dos problemas, buscar un problema matemático similar a partir de expresiones algebraicas, posteriormente consultarlo, luego analizarlo desde el SGC y continuar con la solución del examen utilizando lápiz y papel. No

obstante, hubo buenos comentarios de los estudiantes ya que lo consideraron una buena herramienta que puede ayudarles en la solución de problemas de S2e2x de la materia de AL

5. Conclusiones

En este trabajo de investigación se desarrolló un sistema de gestión de conocimiento (SGC) adaptado al entorno educativo que utiliza un modelo basado en ontologías y un modelo basado en casos para resolver problemas matemáticos relacionados con sistemas de dos ecuaciones con dos variables (S2e2x). En este contexto, se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

- a) El conocimiento del docente experto es representado mediante un caso, este contiene una descripción de un problema y una solución. Este conocimiento se logró almacenar en una base de conocimiento soportada en una estructura ontológica.
- b) La colaboración para alimentar la base de conocimiento sucedió entre el docente experto y el administrador de dominio de conocimiento, pero no aún entre docentes expertos y docentes novatos. El intercambio de conocimiento sucedió a partir de la evaluación del sistema, entre los docentes expertos que alimentaron el sistema y los estudiantes participantes que resolvieron el examen práctico. Una de las ventajas del modelo de ontologías es que facilita el intercambio y la reutilización de conocimiento sobre todo cuando el dominio de conocimiento está delimitado. Hasta este punto, el sistema opera sobre plataforma web y el dominio de conocimiento se delimita a los sistemas de dos ecuaciones con dos incógnitas (S2e2x) de la asignatura de álgebra lineal (AL).
- c) El conocimiento se compartió cuando el estudiante participante exploró y/o realizó búsquedas (mediante expresiones algebraicas y/o palabras clave) sobre la base de conocimiento para localizar experiencias de solución de problemas de S2e2x del AL.
- d) Dadas las dificultades que presentan los estudiantes para aprender S2e2x del AL, el recuperar experiencias similares en la solución de problemas, los resultados alcanzados en la aplicación del examen en las pruebas – donde un 0.9 (90%) de los estudiantes alcanzaron un resultado aprobatorio - indica que existe un impacto positivo en la adopción de este tipo de sistemas. Hasta el momento, no se han realizado pruebas entre docentes expertos y docentes poco experimentados.
- e) Se desarrolló una versión para web del SGC y se eligió un estudio de caso del área matemática de estudiantes de nivel profesional del entorno educativo.

En general, se cubrieron los objetivos específicos propuestos en este trabajo de investigación. Hubo dificultades en las diferentes etapas, pero los retos fueron superados. Así también, se identificaron nuevas áreas de oportunidad para mejorar este trabajo: (1) Construcción de perfiles de usuarios para influir en los resultados de la búsqueda; (2) Recomendación de palabras clave para incrementar la precisión; (3) Generación automática de documentos PDF a partir del conocimiento que se genere; (4) Generación automática de ecuaciones a partir de la descripción del problema.

Con este proyecto se aporta una herramienta que busca conservar y extender el conocimiento del área matemática en una institución educativa pública.

7. Referencias

- [1] Leung, C. (2010). Critical Factors of Implementing Knowledge Management in School Environment: A Qualitative Study in Hong Kong. *Research Journal of Information Technology*, 2 (2), 66–80. doi: <https://doi.org/10.3923/rjit.2010.66.80>
- [2] Wing Chu, K., Wang, M., Yuen, A. H. (2011). Implementing knowledge management in school environment: Teachers' perception. *Knowledge Management & E-Learning: An International Journal*, 3 (2), 139–152. doi: <https://doi.org/10.34105/j.kmel.2011.03.013>
- [3] Soo, C. W., Devlin, T. M., Midgley, D. F. (2004). The Role of Knowledge Quality in Firm Performance. En H. Tsoukas, N. Mylonopoulos (Eds.), *Organizations as Knowledge Systems* (pp. 252–275). London: Palgrave Macmillan UK. doi: https://doi.org/10.1057/9780230524545_12

- [4] Carette, J., Farmer, W. M. (2009). A Review of Mathematical Knowledge Management. En J. Carette, L. Dixon, C. S. Coen, S. M. Watt (Eds.), *Intelligent Computer Mathematics* (pp. 233-246). Berlin: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-02614-0_21
- [5] Cheng, E. C. K. (2015). Knowledge Management for School Development. En E. C. K. Cheng (Ed.), *Knowledge Management for School Education* (pp. 11-23). Singapore: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-981-287-233-3>
- [6] Maier, R., Hädrich, T. (2006). Centralized versus peer-to-peer knowledge management systems. *Knowledge and Process Management*, 13 (1), 47-61. doi: <https://doi.org/10.1002/kpm.244>
- [7] Jelavic, M. (2011). Socio-Technical Knowledge Management and Epistemological Paradigms: Theoretical Connections at the Individual and Organisational Level. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 6, 1-16. doi: <https://doi.org/10.28945/1337>
- [8] Martínez-Ramírez, Y., Ramírez-Noriega, A., Zayas-Esquer, M., Miranda-Mondaca, S., Armenta-Bojorquez, J., Quintero-Fonseca, M., Videgaray-González, M., Cortes-Velázquez, C. (2018). Architecture of mathematical knowledge management system in education: Ontology-based and case-based. Trabajo presentado en *International Symposium on Computers in Education (SIIE)*, Jerez, España. doi: <https://doi.org/10.1109/SIIE.2018.8586771>
- [9] Elizarov, A., Kirillovich, A., Lipachev, E., Nevzorova, O. (2017). Digital Ecosystem OntoMath: Mathematical Knowledge Analytics and Management. En L. Kalinichenko, S. Kuznetsov, Y. Manolopoulos (Eds.), *Data Analytics and Management in Data Intensive Domains* (pp. 33-46). Cham: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57135-5>
- [10] Li, H., Li, W., Cai, Q., Liu, H. (2009). A framework of ontology-based knowledge management system. Trabajo presentado en *2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT)*, Beijing. doi: <https://doi.org/10.1109/ICCSIT.2009.5234708>
- [11] Aamodt, A., Plaza, E. (1994). Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations and System Approaches. *AI Communications*, 7 (1), 39-59.
- [12] Richter, M. M., Weber, R. O. (2013). Basic CBR Elements. En M. M. Richter, R. O. Weber (Eds.), *Case-Based Reasoning* (pp. 17-40). Berlin: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40167-1>
- [13] Yang, K., Chen, Y. (2006). Ontology-Based Knowledge Retrieval in Organizational Memory. Trabajo presentado en *First International Conference on Innovative Computing, Information and Control - Volume I (ICICIC)*, Beijing. doi: <https://doi.org/10.1109/ICICIC.2006.124>
- [14] Rohendi, D., Rohendi, M. (2012). Development Model for Knowledge Management System (KMS) to Improve University Performance (Case Studies in Indonesia University of Education). *International Journal of Computer Science Issues*, 9 (1), 1-6.
- [15] Waheed, M., Khan, A. Z., Ghufra, H., Khan, A., Shahid Khalil, M. (2012). Creative Learning Environment and Knowledge Management. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 2 (1), 2222-6990.
- [16] Sammour, G., Schreurs, J. (2008). The role of knowledge management and e-learning in professional development. *International Journal of Knowledge and Learning*, 4 (5), 465-477. doi: <https://doi.org/10.1504/IJKL.2008.022064>
- [17] Alavi, M., Leidner, D. E. (2001). Knowledge Management and Knowledge Management Systems: Conceptual Foundations and Research Issues. *Management Information Systems Quarterly*, 25 (1), 107-136. doi: <https://doi.org/10.2307/3250961>
- [18] Studer, R., Benjamins, V. R., Fensel, D. (1998). Knowledge Engineering: Principles and methods. *Data and Knowledge Engineering*, 25 (1-2), 161-197. doi: [https://doi.org/10.1016/S0169-023X\(97\)00056-6](https://doi.org/10.1016/S0169-023X(97)00056-6)
- [19] Apisakmontri, P., Nantajeewarawat, E., Ikeda, M., Buranarach, M. (2016). An ontology-based framework for semantic reconciliation in humanitarian aid in Emergency information systems. *Journal of Information Processing*, 24 (1), 73-82. doi: <https://doi.org/10.2197/ipsjip.24.73>
- [20] Majeed, A., Rauf, I. (2018). MVC Architecture: A Detailed Insight to the Modern Web Applications Development. *Journal of Solar & Photoenergy Systems*, 1 (1), 1-7.
- [21] Díaz Rosabal, E. M., Gorgoso Vázquez, A. E., Díaz Vidal, J. M., Santiesteban Reyes, D. C. (2017). Las TIC y la gestión del conocimiento. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información (RITI)*, 5 (10), 28-35.