

# Propuesta de una arquitectura de un sistema de recursos educativos abiertos entre comunidades matemáticas en educación de nivel superior

## Proposal for an architecture of a system of open educational resources between mathematical communities in Higher Education

Y. Martínez-Ramírez <sup>a,\*</sup>, A. Ramírez-Noriega <sup>a</sup>, S. A. Miranda-Mondaca <sup>a</sup>,  
J. Armenta-Bojórquez <sup>a</sup>, J. A. Calderón-Guillén <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidad Autónoma de Sinaloa, Fuente de Poseidón y Prolongación Ángel Flores, s/n, Fracc. Las Fuentes, Los Mochis, Sinaloa, México, CP 81223.

### Resumen

Con la pandemia, los Recursos Educativos Abiertos (REA) han tenido gran importancia. Docentes en todos los niveles tuvieron que cambiar de la modalidad presencial a la modalidad en línea ya que requirieron de recursos digitales para complementar los contenidos temáticos de las asignaturas. No obstante, estos recursos aún tienen retos importantes que deben superarse como la dificultad en el seguimiento del proceso de aprendizaje y la dificultad para buscar el recurso más apropiado. Aun así, estos recursos se han utilizado en asignaturas de matemáticas para mejorar la efectividad del aprendizaje. En este trabajo se propone una arquitectura de tres niveles para un sistema de REA entre comunidades matemáticas de usuarios en Instituciones de Educación Superior para incrementar el desempeño académico del estudiante. Se presenta una arquitectura funcional donde se evalúa la exhaustividad, la precisión, y la eficacia con resultados aceptables, dado que un grupo de usuarios logró resolver un problema matemático planteado.

**Palabras Clave:** Arquitectura, Recursos Educativos Abiertos, Comunidades Matemáticas, Educación Superior.

### Abstract

With the pandemic, Open Educational Resources (OER) have been of great importance. Teachers at all levels had to change from the face-to-face modality to the online modality, since they required digital resources to complement the thematic content of the subjects. However, these resources still have important challenges that must be overcome, such as the difficulty in following the learning process and the difficulty in searching for the most appropriate resource. Even so, these resources have been used in mathematics subjects to improve the effectiveness of learning. In this work, a three-tier architecture is proposed for an OER system between mathematical communities of users in Higher Education Institutions to increase student academic performance. Functional architecture is presented where exhaustiveness, precision, and efficiency are evaluated with acceptable results, given that a group of users was able to solve a mathematical problem.

**Keywords:** Architecture, Open Educational Resources, Mathematical Communities, Higher Education.

## 1. Introducción

Los Recursos Educativos Abiertos (REA) son materiales de enseñanza, aprendizaje e investigación en cualquier medio, digital o de otro tipo, que son de dominio público o que se han editado con una licencia de tipo abierto que permite que otros tengan acceso a estos, los usen, los adapten y los redistribuyan sin costo alguno y sin restricciones o con pocas limitaciones

(UNESCO, 2017). En el caso de México y América Latina ante los retos de tener todavía bajos niveles educativos y lo costoso que resulta llevar recursos educativos a la población necesitada de América Latina, los REA se tornan en una opción que ayuda a reducir esta brecha digital y reducir costos (Mortera, 2013).

La razón más importante para el aprovechamiento de los REA es que los materiales educativos licenciados abiertamente tienen un enorme potencial de contribuir para la

\*Autor para la correspondencia: yobani@uas.edu.mx

**Correo electrónico:** yobani@uas.edu.mx (Yobani Martínez-Ramírez), alandramireznoriega@uas.edu.mx (Alan Ramírez-Noriega), smiramondaca@uas.edu.mx (Sergio Adolfo Miranda-Mondaca), joseab@uas.edu.mx (José Armenta-Bojórquez), cajuel@uas.edu.mx (Joel Andrés Calderón-Guillén).

mejoría de la calidad y de la eficacia de la educación (Miao *et al.*, 2020). En la actualidad, Internet y las TIC hacen posible el acceso a los REA. Si bien es cierto que estos recursos en sí mismos no resuelven totalmente la diversidad de las problemáticas educativas en los diferentes niveles escolares y de educación formal, sí permiten y contribuyen con la difusión y mejora de las condiciones educativas de los diversos países y sociedades del mundo (Mortera, 2013).

A pesar de las ventajas que ofrecen los REA, aun presentan retos importantes que deben atenderse: 1) existe dificultad en el seguimiento del proceso de aprendizaje; 2) es difícil para docentes y estudiantes buscar y localizar el recurso más apropiado; 3) es complicado combinar recursos publicados desde diferentes sitios web; 4) existe dificultad en proporcionar retroalimentación o apoyo inmediato; 5) no se consideran las capacidades de cada estudiante para un aprendizaje adaptativo; entre otros. Abordar estos desafíos puede aumentar su adopción y mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje (Tlili *et al.*, 2021).

Por otra parte, la pandemia mundial puso de relieve la creciente importancia de los REA. Muchos estudiantes, inesperadamente desplazados de los campus universitarios, abandonaron sus libros de texto físicos en las residencias universitarias a medida que los cursos cambiaban rápidamente en línea. Algunos profesores lucharon por encontrar materiales alternativos flexibles para apoyar esta transición (Pelletier *et al.*, 2021).

En los trabajos de investigación Ricaldi (2014), Miranda *et al.*, (2016), Delgado *et al.*, (2019), Venegas-Muggli and Westermann (2019) y Kersey (2019) se han utilizado REA para mejorar la efectividad del aprendizaje en temas vinculados con las matemáticas, pero sin considerar los retos presentados anteriormente. Por lo anterior, se plantea una propuesta de una arquitectura de un sistema de REA entre comunidades de usuarios inscritos en asignaturas de matemáticas para Instituciones de Educación Superior (IES) que puede contribuir a incrementar el desempeño académico del estudiante.

Este documento está organizado de la siguiente manera: la segunda sección describe conceptos relacionados. La tercera sección presenta los trabajos relacionados. La cuarta sección describe la propuesta de una arquitectura de un sistema de REA entre comunidades matemáticas de usuarios en IES. La quinta sección muestra la evaluación de la arquitectura funcional. Las secciones finales muestran conclusiones y referencias.

## 2. Conceptos relacionados

### 2.1. Objetos de Aprendizaje

Los objetos de aprendizaje son elementos de un nuevo tipo de instrucción basada en el paradigma orientado a objetos. Este paradigma valora mucho la creación de componentes que pueden reutilizarse en múltiples contextos. Los diseñadores instruccionales pueden construir pequeños componentes de instrucción que se pueden reutilizar varias veces en diferentes contextos de aprendizaje. Estos objetos de aprendizaje o entidades digitales se pueden descargar desde internet, lo que significa que cualquier número de usuarios puede acceder a ellos y usarlos simultáneamente. Además, quienes utilizan objetos de aprendizaje pueden colaborar y beneficiarse de forma inmediata de nuevas versiones (Wiley, 2000).

### 2.2. Recursos Educativos Abiertos

Los Recursos Educativos Abiertos (REA) son materiales, en cualquier formato y soporte, de dominio público o protegidos por derechos de autor y que han sido publicados con una licencia abierta que permite el acceso a ellos, así como su reutilización, reconversión, adaptación y redistribución sin costo alguno por parte de terceros (UNESCO, 2019). Las licencias abiertas autorizan a los usuarios a adaptar y reutilizar REA de manera gratuita y permanente. En este contexto, las cinco libertades de los REA son: (1) Conservar: el derecho a realizar, poseer y gestionar copias de un contenido; (2) Reutilizar: el derecho a reutilizar literalmente el contenido; (3) Modificar: el derecho a adaptar, ajustar, modificar o alterar un contenido; (4) Combinar: el derecho a combinar el contenido original o modificado con otro contenido para crear algo nuevo; (5) Redistribuir: el derecho a realizar y compartir copias del contenido original, modificado o remezclado con otros (Miao *et al.*, 2020).

### 2.3. Tipos de Recursos Educativos Abiertos

Los REA incluyen contenidos de aprendizaje como cursos completos, materiales para cursos, módulos, contenidos, objetos de aprendizaje, entre otros. Una clasificación formal de tipos de REA considera a los libros de texto abiertos, apuntes de clase y presentaciones, multimedia, audio, imágenes, animaciones, tareas y cuestionarios (Miao *et al.*, 2020).

### 2.4. Repositorios de Recursos Educativos Abiertos

Los Repositorios de Recursos Educativos Abiertos, son un espacio en Internet y en el mundo físico para almacenar REA digitales para su posterior búsqueda y recuperación, como el sitio de publicación de materiales docentes de “contenidos abiertos” (en inglés, Open Course Ware - OCW) del Instituto Tecnológico de Massachusetts (<http://ocw.mit.edu>). Por otra parte, los sitios de directorios de REA no actúan como un repositorio, pero tienen identificados REA de calidad y los almacenan en una base de datos de enlaces web, como la biblioteca pública digital de REA “OER Commons” (<https://www.oercommons.org/>) (Huang *et al.*, 2020)

## 3. Trabajo relacionado

En Ricaldi (2014) el autor presenta una investigación sobre las dificultades asociadas al estudio de la geometría y el impacto del uso de los REA en el campo educativo. Los resultados del estudio precisan un impacto positivo de los REA en el aprendizaje de los estudiantes ya que se generó una mayor atención, una mayor predisposición por aprender, una mayor motivación y se facilitó la comprensión de los temas vinculados con el triángulo.

En Miranda *et al.*, (2016) los autores presentan un trabajo sobre el estudio de las funciones trigonométricas y el impacto del uso de los REA en la educación. Los resultados indican que la comprensión de los temas y el desempeño académico obtenido, en dos grupos de estudiantes, presentan diferencias poco significativas. Los autores llegan a la conclusión que es indiferente el medio de apoyo para estudiar y comprender siempre y cuando el estudiante se comprometa con su propio proceso de aprendizaje y desarrollo de habilidades autónomas.

En Delgado *et al.*, (2019) los autores llevan a cabo un estudio para analizar la eficacia de los REA en una asignatura de cálculo. Los resultados indican que los estudiantes que utilizaron REA muestran un desempeño académico global de 2% bajo contra los estudiantes que utilizaron recursos comerciales. No obstante, los estudiantes que hicieron uso de REA mostraron una menor deserción en el curso de cálculo y en este grupo se presentaron las más altas calificaciones de estudiantes. Los autores recomiendan más estudios al respecto para confirmar estos resultados.

En Venegas-Muggli and Westermann (2019) los autores llevan a cabo una investigación para comprender el impacto de los REA en las clases de matemáticas en estudiantes de primer grado. Los resultados indican que los estudiantes que utilizaron los REA de Khan Academy (<https://es.khanacademy.org/>) tuvieron un mayor desempeño académico, contra los estudiantes que utilizaron un REA del tipo libro de texto abierto. Esto indica que no todos los REA tienen el mismo efecto en el rendimiento. Así también, el estudio de percepción de estudiantes y docentes sobre el proceso de adopción de REA indicó que los REA pueden ser de relevancia y de utilidad.

En Kersey (2019) el autor realiza un estudio para evaluar la eficacia de los REA en una asignatura de cálculo. Los resultados indican una mayor eficacia con el uso de REA, pero se recomienda cuidar la calidad de los materiales gratuitos.

#### 4. Arquitectura de un Sistema de REA

La Figura 1 presenta la propuesta de una arquitectura de tres niveles.

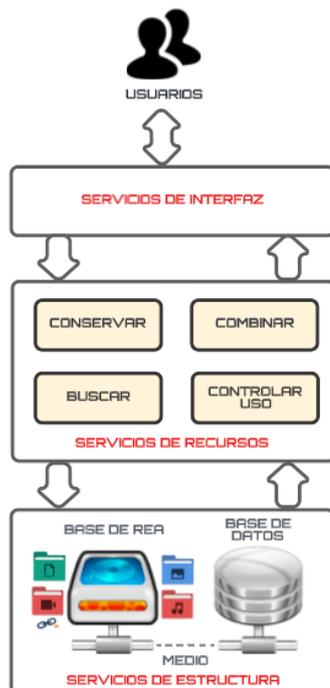


Figura 1: Arquitectura de un sistema de REA entre comunidades matemáticas de usuarios en IES.

La arquitectura del sistema de REA entre comunidades matemáticas de usuarios en IES, considera tres servicios diferentes relacionados con actividades de gestión de los REA de asignaturas de matemáticas: Nivel 1) servicio de estructura; Nivel 2) servicios de recursos; y Nivel 3) servicios de interfaz.

##### 4.1. Servicios de Estructura

El primer nivel en el modelo de la arquitectura comprende los servicios de estructura. Este servicio de estructura se refiere a las características necesarias para implementar la gestión de los REA. Los principales servicios proporcionados por la estructura son el medio, la base de REA y la base de datos:

- El medio representa la tecnología de comunicación que permite el proceso de gestión de REA.
- La base de REA se define por su contenido, aquí se almacenan en directorios de archivos los recursos educativos abiertos entre comunidades de usuarios inscritos en asignaturas de matemáticas. Estos recursos se encuentran en 4 formatos principales de archivos: 1) video con extensión MP4 (Moving Picture Experts Group) para REA multimedia; 2) audio con extensión MP3; 3) texto/imagen en extensión portable PDF (Portable Document Format) para 5 tipos de REA: libros de texto abiertos, apuntes de clase y presentaciones, tareas y cuestionarios; 4) imágenes para 2 tipos de REA: ilustraciones y animaciones. Estos archivos REA contienen conocimiento real almacenado sobre temas de matemáticas. Los recursos almacenados se pueden reutilizar para el aprendizaje de un tema, la preparación de una clase o la solución de un problema matemático.
- La base de datos es el repositorio de información donde están definidos los datos del usuario (docentes, estudiantes y administradores de dominio), los datos de los REA (metadatos), los datos de las asignaturas de matemáticas y los datos de configuración del sistema.

##### 4.2. Servicios de Recursos

El segundo nivel en el modelo de arquitectura comprende los servicios de recursos. Los servicios de recursos pretenden ayudar a alcanzar los objetivos de gestión de los REA. Estos objetivos son promover el proceso de conservación de recursos ya existentes, realizar búsquedas en los repositorios de recursos educativos, combinar recursos y facilitar el control de uso del recurso entre los usuarios:

- La conservación de un recurso consiste en registrar atributos generales del recurso mediante un esquema de metadatos para objetos de aprendizaje. El esquema de metadatos utilizado es LOM-ES (Learning Object Metadata), perfil desarrollado por el sector educativo español para habla hispana (Temesio, 2015). Los atributos requeridos para conservar los REA entre comunidades matemáticas de usuarios son los siguientes: 1) General: identificador, título, idioma, descripción, palabra clave, ámbito, estructura, nivel de agregación; 2) Ciclo de vida: versión, estado, contribución; 3) Uso educativo: tipo de interactividad, tipo de recurso educativo, nivel de interactividad, destinatario, contexto, rango típico de edad, dificultad, tiempo típico de aprendizaje, descripción, proceso cognitivo; 4) Clasificación: propósito, descripción,

ruta, palabras clave. Así, el nuevo REA queda almacenado en: 1) la base de datos conformada por tablas con los atributos definidos anteriormente; y 2) la base de REA de directorios de archivos.

- La búsqueda de recursos consiste en la recuperación de recursos desde los repositorios para su reutilización para aprender un tema, preparar una guía o para encontrar la solución de un problema matemático. La estructura del recurso almacenado está basada en el esquema de metadatos LOM-ES. LOM-ES permite describir recursos educativos no solamente con atributos generales, sino también considera atributos pedagógicos. Esto permite la clasificación del recurso y facilita el proceso de búsqueda. Este proceso consiste en extraer recursos desde la base de REA a partir de una necesidad de conocimiento, dependerá del usuario determinar cuáles recursos son de utilidad. La necesidad de conocimiento se expresa mediante una consulta con términos clave, posteriormente, se construye una sentencia en el lenguaje SQL para localizar recursos orientados a la necesidad que planteó el usuario. Los resultados son una lista de diferentes tipos de REA sobre temas de matemáticas similares a la necesidad de conocimiento planteada por el usuario.
- La combinación de recursos permite generar guías de aprendizaje a partir de la mezcla de diferentes objetos de aprendizaje.
- El control de uso consiste en monitorear y gestionar la cantidad de usuarios y recursos educativos que consumen los usuarios. Esto permite darle un seguimiento a los usuarios que participan activamente en el proceso de aprendizaje.

#### 4.3. Servicios de Interfaz

El tercer nivel en el modelo de arquitectura comprende los servicios de interfaz. Este servicio sirve de intermediario entre el usuario y el repositorio de REA. El objetivo consiste en ayudar en el proceso de aplicación de los REA. En este contexto, se consideran las funciones de personalización y visualización de recursos:

- La función de personalización busca entregar el contenido adecuado para satisfacer la necesidad específica de REA del usuario. Existen dos alternativas: 1) la selección de una asignatura para delimitar el conjunto de REA disponibles en función del interés del usuario; 2) la configuración del perfil de usuario donde es posible establecer las preferencias personales del usuario.
- La función de visualización permite al usuario comprender mejor que REA están disponibles en los repositorios. Para visualizar los REA recuperados se consideran 3 aspectos: 1) el tipo de recurso a

desplegar; 2) una breve descripción textual del recurso; y 3) un enlace a la base de REA.

## 5. Evaluación

La arquitectura propuesta se aplica para diseñar un sistema de REA entre comunidades de usuarios inscritos en asignaturas de matemáticas para una IES. Se utiliza el lenguaje de programación PHP\* (Hypertext Preprocessor) y el lenguaje HTML† (HyperText Markup Language) junto con el servidor Apache‡ para desarrollar e implementar el sistema sobre plataforma web. También se emplea el servidor de base de datos MySQL§ para registrar atributos generales de los REA y la base de REA para almacenar los recursos en el directorio de archivos del servidor.

En la Figura 2 se presenta la arquitectura funcional del sistema, esta contiene 3 componentes principales: 1) Conservación: El usuario docente carga en el servidor de Apache (con PHP) un recurso existente mediante un formulario HTML; 2) Búsqueda: El usuario estudiante realiza búsquedas de recursos con base en una necesidad de conocimiento expresada en una consulta desde un formulario HTML; 3) Control: El usuario administrador de dominio valida los recursos cargados por los docentes y activa su localización. El administrador define la clasificación de los recursos en función de las asignaturas de matemáticas del plan de estudio de la IES. Para la selección y el ordenamiento de los resultados, el servidor MySQL a través del servidor Apache (con PHP) recibe los términos de la consulta expresada en Lenguaje SQL (Structured Query Language). El servidor MySQL se encarga de seleccionar y ordenar los registros relacionados con los recursos con base en los términos de la consulta. Finalmente, se genera una página web dinámica con un listado de enlaces a REA, la cual se presenta al usuario y se espera su retroalimentación.

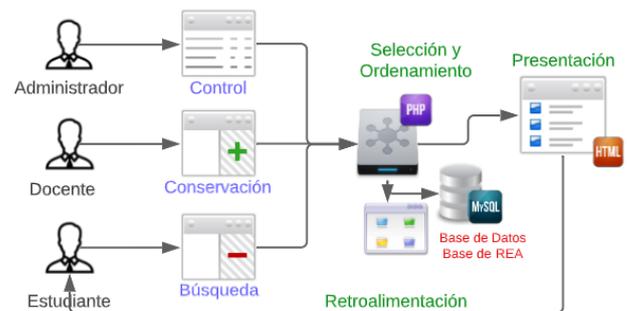


Figura 2: Arquitectura funcional de un sistema de REA entre comunidades matemáticas de usuarios en IES.

Se puede apreciar en la Figura 2 que el flujo principal del proceso inicia con los usuarios. En esta aplicación el objetivo es permitir que los usuarios recuperen recursos precisos para resolver un problema matemático a partir de una necesidad de conocimiento. En este caso se consideró un REA del tipo contenido didáctico en la categoría de ejercicio resuelto (o problema cerrado). El ejercicio resuelto representa un objeto de aprendizaje donde la actividad de aprendizaje se basa en el planteamiento de un problema concreto de un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas (S2e2x) de la asignatura de

\* <https://www.php.net/>

† <https://www.w3.org/html/>

‡ <https://httpd.apache.org/>

§ <https://www.mysql.com/>

álgebra lineal (AL) y la solución de este. La Figura 3 presenta un REA de un ejercicio resuelto en formato portable PDF.

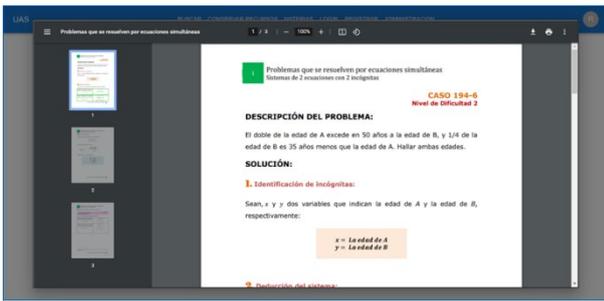


Figura 3: REA de un ejercicio resuelto en formato portable PDF

Los usuarios son estudiantes, docentes y administradores de dominio del área matemática de una IES. El estudiante puede enviar una solicitud de conocimiento expresada con términos de un problema en específico y obtener resultados de recursos en formato portable PDF relacionados con un ejercicio resuelto que contengan términos similares a la consulta. Así también, el docente puede cargar recursos existentes en formato portable PDF a partir del esquema de metadatos para objetos de aprendizaje LOM-ES donde son de gran relevancia los datos generales, el uso educativo, el ciclo de vida y la clasificación del recurso. Los administradores de dominio del área matemática someten a evaluación el recurso a conservar, se comparte para su validación con expertos y de ser necesario se solicitan modificaciones al docente autor. Finalmente, si los atributos y el archivo del recurso son correctos se integra a la base de datos MySQL y a la base de REA, posteriormente, se activa para su localización.

Para demostrar las ventajas de esta arquitectura se llevan a cabo una serie de experimentos. La arquitectura se evalúa en términos de la exhaustividad y la precisión. Para el cálculo de la exhaustividad y la precisión, éste se basa en un conjunto de documentos de prueba, un conjunto de consultas Q de ejemplo y un conjunto de documentos relevantes elegidos por especialistas en función de una determinada consulta Q.

En la ecuación (1) se muestra la fórmula de la exhaustividad y en la ecuación (2) se muestra la fórmula de la precisión (Junker *et al.*, 1999). Los resultados cercanos (o iguales) a 100% indican máxima exhaustividad y precisión posible. La X representa el total de recursos recuperados por el sistema para una determinada Q. La Y representa el total de recursos que son relevantes para los expertos para una determinada Q. La intersección entre X y Y representa el número de recursos relevantes.

$$\frac{X \cap Y}{Y} * 100\% \quad (1)$$

$$\frac{X \cap Y}{X} * 100\% \quad (2)$$

En la Figura 4 se presenta una versión prototipo del sistema REA entre comunidades matemáticas de usuarios en IES. El sistema fue probado con un grupo de 14 usuarios con una fuerte necesidad de búsqueda de ejercicios resueltos para la solución de S2e2x de AL.

Los resultados del sistema nos muestran un 75% de exhaustividad y un 60% en precisión. Estos resultados son aceptables por dos razones principales: 1) se superó la media de exhaustividad y precisión en el proceso de búsqueda; 2) se alcanzó una eficacia promedio del 80%, esto significa que los

estudiantes pudieron localizar recursos de utilidad y lograron resolver un ejercicio matemático planteado, por lo que su nivel de desempeño académico se considera como bueno. Es importante mencionar que estas son pruebas preliminares y es necesario ampliar nuestro grupo de usuarios y nuestra base de REA que permitan generalizar las medidas de exhaustividad y de precisión. Además, faltan implementar otras funcionalidades (combinación de recursos y control de uso), realizar pruebas de usabilidad y hacer pruebas de aceptación tecnológica. Se espera en un corto plazo tener una versión más terminada.



Figura 4: Prototipo del sistema de REA entre comunidades matemáticas de usuarios en IES.

## 6. Conclusiones

En esta investigación se diseñó y evaluó una arquitectura de un sistema de REA entre comunidades matemáticas de usuarios en IES. El objetivo es conservar, combinar, controlar y recuperar los REA, en este caso ejercicios resueltos en formato portable PDF, que ayuden en la solución de problemas matemáticos de sistemas de dos ecuaciones con dos incógnitas (S2e2x) del álgebra lineal (AL).

Con la evaluación realizada se observó que la recuperación precisa de recursos (ejercicios resueltos) permite una solución eficaz de problemas con un impacto positivo en el aprendizaje del estudiante. Así también, se tiene que la arquitectura propuesta aporta el siguiente valor educativo: 1) Se tiene una estrategia para mejorar el desempeño académico del estudiante aprovechando los recursos que generan los docentes en la institución; 2) los recursos que generan los docentes durante su permanencia en la institución se conservan y puede ser utilizado por los estudiantes para aprender un tema o resolver el problema del área matemática, por otra parte, los docentes pueden aprovechar los recursos de otros colegas para identificar las mejores prácticas y preparar una clase de un tema poco conocido; 3) la construcción de un repositorio de recursos para asignaturas de matemáticas está estructurado mediante el esquema de metadatos LOM-ES que considera información sobre el uso educativo y la clasificación de los recursos, esto deja abierta la posibilidad de extender el área de conocimiento y abarcar otras áreas de conocimiento de la ingeniería; 4) la base arquitectónica del sistema facilita el mantenimiento de los recursos, de esta manera los recursos pueden actualizarse o eliminarse en caso de que ya no sean de utilidad.

El trabajo futuro considera desarrollar una versión completa del prototipo. Así también, implementar técnicas de inteligencia artificial que faciliten el seguimiento del proceso de aprendizaje y la búsqueda de REA entre comunidades matemáticas de usuarios en IES.

## Agradecimientos

Un agradecimiento especial a la Administración del C. Rector Dr. Jesús Madueña Molina y a la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Sinaloa por el apoyo financiero otorgado al proyecto con clave PRO\_08\_011 y título “Recursos Educativos Abiertos entre comunidades matemáticas de usuarios en Educación de Nivel Superior: Estudio de Caso Facultad de Ingeniería Mochis” en el marco de la Convocatoria del Programa de Fomento y Apoyo a Proyectos de Investigación, PROFAPI 2022. Así también, un agradecimiento a los integrantes del Cuerpo Académico “Sistemas Innovadores Aplicados al Contexto Educativo” con clave UAS-CA-295 de la Universidad Autónoma de Sinaloa por el apoyo otorgado en las actividades de investigación.

## Referencias

- Delgado, H., Delgado, MS & Hilton, J. (2019). On the efficacy of open educational resources: Parametric and nonparametric analyses of a university calculus class. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 20(1): 185–203. DOI: <https://doi.org/10.19173/irrodl.v20i1.3892>
- Huang, R., Liu, D., Tlili, A., Knyazeva, S., Chang, T. W., Zhang, X., Burgos, D., Jemni, M., Zhang, M., Zhuang, R., & Holotescu, C. (2020). Guidance on Open Educational Practices during School Closures: Utilizing OER under COVID-19 Pandemic in line with UNESCO OER Recommendation. Beijing: Smart Learning Institute of Beijing Normal University.
- Junker, M., Hoch, R. & Dengel, A. (1999). On the evaluation of document analysis components by recall, precision, and accuracy. *Proceedings of the Fifth International Conference on Document Analysis and Recognition. ICDAR '99* (Cat. No.PR00318), pp. 713-716, doi: 10.1109/ICDAR.1999.791887.
- Kersey, S. (2019). The Effectiveness of Open Educational Resources in College Calculus. A Quantitative Study. *Open Praxis*, 11(2), 185–193. DOI: <http://doi.org/10.5944/openpraxis.11.2.935>
- Miao, F., Mishra, S., Orr, D., & Janssen, B. (2020). Directrices para la elaboración de políticas de recursos educativos abiertos. UNESCO Publishing. Recuperado el 2 de Mayo de 2022 desde: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373558>
- Miranda, H. L., Cantú, V. M. & Ramírez, M.A.(2016). Tecnologías de Información y Comunicación y Recursos Educativos Abiertos: Fórmula eficaz para aprender funciones trigonométricas. *ECE Digital Revista en Ciencias de la Educación. Reflexiones sobre prácticas educativas*. 6 (11). Recuperado el 2 de Mayo de 2022 desde: <http://ece.edu.mx/ecedigital/>
- Mortera, F. (2013). Buenas prácticas para el uso académico de Recursos Educativos Abiertos (REA) y Objetos de Aprendizaje (OA). *Eduotec, Costa Rica*. Recuperado el 02 de Mayo de 2022 desde: [http://www.uned.ac.cr/academica/edutec/memoria/ponencias/jorge\\_mortera\\_17.pdf](http://www.uned.ac.cr/academica/edutec/memoria/ponencias/jorge_mortera_17.pdf)
- Pelletier, K., Brown, M., Brooks, D.C., McCormack, M., Reeves, J., Arbino, N., Bozkurt, A., Crawford, S., Czerniewicz, L., Gibson, R., Linder, K., Mason, J. & Mondelli, V. (2021). 2021 EDUCAUSE Horizon Report Teaching and Learning Edition. Boulder, CO: EDU. Recuperado el 02 de Mayo de 2022 desde: <https://www.learntechlib.org/p/219489/>.
- Ricaldi E., M. L. (2014). Impacto de la aplicación de los recursos educativos abiertos en el aprendizaje de temas vinculados al triángulo en estudiantes del nivel de educación secundaria [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Monterrey]. <http://hdl.handle.net/11285/621211>.
- Temesio, S. (2015). Metadatos para recursos educativos. *Palabra Clave (La Plata)*, 5(1), 1-18.
- Tlili, A., Zhang, J., Papamitsiou, Z., Manske, S., Huang, R., Kinshuk & Hoppe, U. (2021) Towards utilising emerging technologies to address the challenges of using Open Educational Resources: a vision of the future. *Education Tech Research Dev* 69, 515–532. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09993-4>
- UNESCO (2015). Directrices para los Recursos Educativos Abiertos en la Educación Superior. Paris: UNESCO. Recuperado el 02 de Mayo de 2022 desde: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000232855.locale=es>
- UNESCO (2017). Second World OER Congress: Ljubljana OER action plan. Recuperado el 02 de Mayo de 2022 desde: [https://en.unesco.org/sites/default/files/ljubljana\\_oer\\_action\\_plan\\_2017.pdf](https://en.unesco.org/sites/default/files/ljubljana_oer_action_plan_2017.pdf)
- UNESCO (2019). Recommendation on Open Educational Resources (OER). Recuperado el 02 de Mayo de 2022 desde: [http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL\\_ID=49556&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=49556&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)
- Venegas Muggli, J. I., & Westermann, W. (2019). Effectiveness of OER Use in First-Year Higher Education Students' Mathematical Course Performance: A Case Study . *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 20(2). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v20i2.3521>
- Wiley, D. A. (2000). Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. *The instructional use of learning objects*, 2830(435), 1-35.