

Propuesta de implementación en línea de la metodología aprendizaje basado en problemas-STEM: El rol de las comunidades de aprendizaje en ingeniería

Proposal for online implementation of the STEM problem-based learning methodology: The role of engineering learning communities

Álvaro Rojas¹, Natalia Aguayo², Emilio J. Castro-Navarro³
arojasz@utem.cl, natalia.aguayo@utem.cl, ecastron@utem.cl

^{1,2 y 3}Centro de Enseñanza y Aprendizaje CEA
Universidad Tecnológica Metropolitana UTEM
Santiago, Chile

Resumen- Con el objetivo de favorecer un aprendizaje significativo en estudiantes de primer año de ingeniería en un entorno virtual de aprendizaje, la Universidad Tecnológica Metropolitana implementó la metodología aprendizaje basado en problemas desde un enfoque STEM (acrónimo en inglés de ciencia, tecnología, ingeniería y matemática). La planificación, desarrollo y evaluación fue diseñada mediante la configuración de comunidades de aprendizaje compuestas por profesores, ayudantes y profesionales de apoyo a la docencia. La estrategia demostró efectividad en cuánto al fortalecimiento de competencias pedagógicas en docentes, la generación de un instrumento de evaluación para el aprendizaje y, el establecimiento de un canal de retroalimentación entre pares.

Palabras clave: educación superior, STEM, educación en línea, comunidades de aprendizaje, evaluación para el aprendizaje.

Abstract- With the aim of promoting meaningful learning in first-year engineering students in a virtual learning environment, the Metropolitan Technological University implemented the problem-based learning methodology from a STEM approach (acronym in English for science, technology, engineering and mathematics). The planning, development and evaluation was designed through the configuration of learning communities made up of teachers, assistants, and teaching support professionals. The strategy proved effective in terms of strengthening pedagogical competencies in teachers, the generation of an assessment instrument for learning, and the establishment of a feedback channel among peers.

Keywords: higher education, STEM, online education, learning communities, assessment for learning.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo y avance de las áreas involucradas en STEM, como lo es la ciencia, ingeniería y matemáticas, se ha reconocido como un pilar esencial en el progreso de las naciones durante las últimas décadas (BID, 2010). Entendiéndose así que la capacidad de generar avances en estas áreas promueve el crecimiento tecnológico y social, por ende, una mejora en el bienestar de las personas (Peri, Shih y Sparber, 2015).

La enseñanza de las disciplinas STEM, ha tomado gran importancia, puesto que se considera la incorporación de estas disciplinas en la enseñanza - aprendizaje, promoviendo la generación de conocimiento (Corfo y Fundación Chile, 2017). De esta forma, la enseñanza STEM se conforma como un fenómeno educativo fundamental (Fuenzalida, 2020; Ferrada, Díaz-Levicoy, Salgado y Puraivan, 2019).

Pese a lo antes dicho, el avance en estudios que aborden la enseñanza STEM es reciente y minoritario, prueba de ello es el trabajo bibliométrico desarrollado por Ferrada et al. (2019). Realizando una búsqueda en Scopus, los autores detectaron solo 65 trabajos relacionados con la enseñanza de STEM, de los cuales se hallaron 2 trabajos provenientes de Iberoamérica, sin encontrar trabajos desarrollados en Chile. Considerando lo anterior, existe una gran necesidad en generar nuevo conocimiento en el área de enseñanza - aprendizaje de STEM.

Puntualmente, en este trabajo se aborda esta necesidad, enfocada en la enseñanza STEM de carreras de Ingeniería Civil.

Otro aspecto importante que abordar, es lo referido al contexto actual, que obligó a la realización de las actividades académicas de las universidades en modalidad en línea. En este contexto, Caicedo y Calvachi (2021) señalan que uno de los aspectos importantes para asegurar la calidad de la educación en estas circunstancias, es ajustar metodologías y evaluación, donde se garantice su calidad y seguridad de aplicación.

En el mismo aspecto la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2020) señala la importancia de transparentar a los y las estudiantes sobre los métodos de evaluación que se aplicarán y la tecnología que se utilizará. También es necesario promover el trabajo colaborativo en los y las estudiantes Quality Assurance Agency for Higher Education (2020). En vista de lo anterior es que se hace necesario generar actividades y evaluaciones que sean válidas, tanto para estudiantes como docentes, que también involucren el aprendizaje participativo de estudiantes y la colaboración entre ellos.

Para atender las problemáticas antes señaladas, se presenta en este trabajo una propuesta de implementación de actividades

STEM, que promueve el trabajo colaborativo de los y las estudiantes, evaluado por medio de una rúbrica validada y construida entre pares docentes.

2. CONTEXTO

La Universidad Tecnológica Metropolitana (UTEM) es una institución de educación superior chilena, de carácter público, cuyo propósito es entregar una formación integral a sus estudiantes, con preferencia en el quehacer tecnológico y con una especial vocación de servicio y responsabilidad social. Su misión es: formar personas con altas capacidades académicas y profesionales, en el ámbito preferentemente tecnológico, apoyada en la generación, transferencia, aplicación y difusión del conocimiento en las áreas del saber que le son propias, para contribuir al desarrollo sustentable del país y de la sociedad de la que forma parte (UTEM, 2011).

Para avanzar en este propósito es que la Universidad impulsa el desarrollo de metodologías activas centradas en los y las estudiantes, promoviendo la participación en el propio aprendizaje, el trabajo en equipo y la toma de decisiones ante problemas complejos del mundo profesional.

STEM se define como una metodología de enseñanza y aprendizaje que tensiona la separación de las diferentes disciplinas, integrándose por medio de experiencias que utilizan el aprendizaje basado en problemas como principal insumo (Vázquez, Sneider y Comer, 2014). Su uso se ha promovido desde los años noventa y, en el contexto chileno ha sido impulsado por el Proyecto Nueva Ingeniería 2030 (bajo la nomenclatura de STEM-PBL), con el respaldo de la Corporación de Fomento de la Producción del Gobierno de Chile para la formación de ingenieros de clase mundial, siendo la UTEM una institución integrante.

A partir de 2018, la UTEM, impulsa la metodología STEM-PBL con un piloto en la asignatura Introducción a la Ingeniería en dos carreras. Luego, en el 2019, se amplía su cobertura al 50% de las secciones de la asignatura y, el año 2020 al 100%.

Utilizando un modelo de evaluación basado en la teoría del cambio y, un diseño metodológico experimental, se evaluaron las siguientes variables académicas: tasa de aprobación asignaturas STEM, tasa de aprobación asignatura integradora (introducción a la ingeniería) y, promedios de notas. Además, mediante un cuestionario se evaluó la autoestima académica.

Tras la implementación 2020, se realizó una evaluación cualitativa identificando las fortalezas y desafíos de la implementación resultando como producto una macro planificación 2021, la que atendió los desafíos a causa de la pandemia COVID-19: (i) modalidad educativa en línea; (ii) dificultades para interacción y participación de estudiantes; (iii) uso eficaz de herramientas tecnológicas; (iv) acceso a conectividad.

3. DESCRIPCIÓN

A. Aseguramiento de la calidad

Tras la evaluación de la experiencia 2020, se conformó una comisión de gestión integrada por: subdirector de docencia, jefes de carrera, docentes experimentados y, profesionales del Centro de Enseñanza y Aprendizaje (CEA) para acordar las

características pedagógicas y logísticas de la implementación de ABP STEM.

Los mecanismos de aseguramiento de la calidad adoptados para favorecer el éxito de la iniciativa fueron: (i) capacitación a docentes y ayudantes en aprendizaje basado en proyectos STEM; (ii) contratación de un ayudante por sección en la asignatura Introducción a la Ingeniería; (iii) adecuación de la programación horaria de asignaturas para facilitar el trabajo autónomo de estudiantes; (iv) los problemas surgirán desde el COVID-19 en las áreas de la robótica, domótica, electrónica, informática, medio ambiente y prevención de riesgos y serán planteados por docentes; (v) conformación de comunidades de aprendizaje para la planificación didáctica de la metodología.

B. Comunidad de aprendizaje

La planificación didáctica de ABP STEM se trabajó mediante la organización de comunidades de aprendizaje compuestas por docentes, ayudantes y, profesionales de innovación pedagógica CEA; esta última, unidad responsable de favorecer el aprendizaje en estudiantes mediante acciones de acompañamiento e innovación educativa con docentes.

La comunidad de aprendizaje fue concebida como un espacio colaborativo para la construcción colectiva de una propuesta pedagógica innovadora (Lau et al., 2021), buscando desarrollar el proceso de enseñanza-aprendizaje a partir de la interacción horizontal de sus integrantes, donde la negociación y el intercambio de significados y experiencias, generan una participación crítica y activa a través del diálogo igualitario (Valls, 2000).

C. Etapas de trabajo comunidad de aprendizaje

Con el objetivo de favorecer en estudiantes de primer año de ingeniería el desarrollo de habilidades de trabajo colaborativo, resolución de problemas y comunicación efectiva mediante la aplicación integrada de conocimientos de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas en un proyecto derivado del Covid-19, se conformaron ocho grupos de Comunidad de Aprendizaje (CA) compuestos por cuatro a seis integrantes de diferentes carreras. Cada CA sesionó semanalmente por un mes, previo a la implementación de la metodología.

Las reuniones fueron moderadas por profesionales de innovación pedagógica CEA y se desarrollaron telemáticamente a través de la plataforma google meet. Los materiales de trabajo y grabación de reuniones fueron almacenados en una carpeta compartida de google drive.

La herramienta para recolectar la información de la experiencia de trabajo con CA fue la observación, entendida como la implicación profunda en procesos sociales, manteniendo un rol activo y reflexivo permanente para el registro de sucesos, interacciones y características del proceso en estudio (Hernández, Fernández, Baptista; 2014)

Cabe considerar que los participantes observados pertenecen a la misma institución, tienen una meta en común e interactuaron sistemáticamente en las etapas de planificación e implementación.

Por último, el trabajo de las CA fue organizado en coherencia con las cinco etapas de implementación de la metodología descritas en la tabla 1.

Tabla 1. Etapas de implementación de la metodología.

Semana	Etapa
1	Selección y justificación del problema (guía nº1).
2	Identificación de causas y efectos asociados al problema (guía de trabajo nº2).
3	Lluvia de ideas sobre posibles soluciones al problema (guía de trabajo nº3).
4	Desarrollo de solución sobre la base de criterios técnicos (guía de trabajo nº4).
5	Presentación de video con propuesta de solución al problema.

A continuación, se describen las actividades desarrolladas semanalmente por las CA.

D. Semana 1: Selección y justificación de problema

En la primera semana cada CA trabajó en la creación de una base de diez problemas derivados de la covid-19, posibles de resolver por estudiantes de primer año de ingeniería mediante la aplicación de contenidos de las asignaturas: introducción a la ingeniería, taller de matemáticas, computación aplicada y química general.

También, se decidió el mecanismo para la creación de equipos de estudiantes: (i) integrados por 3 a 5 estudiantes; (ii) equilibrados en género; (iii) segmentados por modalidad educativa secundaria de origen (científico-humanista o técnico profesional).

Asimismo, se diseñó la guía de trabajo nº1 para que los/as estudiantes justifiquen el problema asignado aleatoriamente por su docente.

Utilizando la técnica de bola nieve lineal y bajo la pregunta ¿Qué debemos evaluar en la justificación de problemas?, comenzó la construcción colaborativa de la rúbrica por los y las integrantes de las ocho comunidades de aprendizaje.

E. Semana 2: Causas, problemas y efectos

En la segunda semana y, guiados por la pregunta ¿El planteamiento de los problemas permite el desempeño esperado de estudiantes? se trabajó en la calibración de los problemas redactados en la semana 1.

Posteriormente, se elaboraron criterios para evaluar el planteamiento de causas y efectos, los que fueron consignados en la rúbrica de evaluación (ver tabla 2).

También se consensuó el formato de una segunda guía de trabajo para que los estudiantes puedan plantear las causas y efectos del problema.

Como un mecanismo para favorecer el logro de aprendizajes de los y las estudiantes y, apoyarles en sus horarios de trabajo autónomos, se acordó que los y las ayudantes, en coordinación con los y las estudiantes, establecieran un horario semanal extra-clases -de carácter voluntario- para atender consultas relacionadas con el proyecto.

F. Semana 3: Lluvia de ideas

Mediante la lluvia de ideas, los y las estudiantes seleccionaron la propuesta para dar solución al problema en desarrollo. Bajo la pregunta ¿Qué características debe tener la solución propuesta por los/as estudiantes? Cada CA consensuó los criterios de evaluación para la etapa de construcción de propuesta de solución.

Considerando la modalidad educativa en línea, el tiempo de 5 semanas para el desarrollo del proyecto y, el nivel curricular de estudiantes de primer año se decidió que los equipos estudiantiles solo presentaran diseños, prototipos o ideas factibles para solucionar el problema en cuestión.

Para acelerar la generación de ideas y facilitar la selección de una propuesta, las CA decidieron que, en la clase respectiva, dos a tres grupos presentaran su trabajo y, con los criterios de la rúbrica en mano, docentes, ayudantes y demás grupos retroalimenten técnicamente.

G. Semana 4: Calibración de la propuesta de solución

La cuarta semana las CA trabajaron en la calibración de los criterios para evaluar la etapa de elaboración de propuesta de solución.

¿Mis estudiantes son capaces de lograr el desempeño exigido en la rúbrica? fue la pregunta guía de esta etapa, abriendo un proceso reflexivo de las expectativas sobre estudiantes y sus habilidades para enfrentar desafíos académicos en un contexto en línea.

En concreto, se optó por la creación de cápsulas audiovisuales en las siguientes líneas: (i) ofimática; (ii) expresión oral; (iii) dinámicas para facilitar el trabajo en equipo.

H. Semana 5: Presentación de la propuesta de solución

¿En qué soporte evaluaremos el trabajo de los estudiantes? ¿Cuál será la estructura de presentación que solicitaremos? Estas preguntas guiaron la última etapa de trabajo en que se acordó que cada grupo de estudiantes grabaría un video con su proyecto utilizando la siguiente estructura: Presentación del problema, justificación, planteamiento de causas y efectos y, explicación de la propuesta de solución.

Una vez grabado, sería cargado en modo privado a YouTube.

Finalmente, se organizó el material didáctico trabajado en la carpeta compartida google drive para facilitar su uso con estudiantes.

4. RESULTADOS

1. Conformación de ocho comunidades de aprendizaje compuestas por docentes, ayudantes y profesionales CEA cuya meta común fue la planificación de actividades de aprendizaje bajo la metodología aprendizaje basado en proyectos desde una perspectiva STEM. Participó un total de 41 integrantes: 19 docentes, 19 ayudantes y 3 profesionales del CEA, los que en conjunto crearon un banco de recursos didácticos compuestos por: cuatro guías de actividades para el trabajo en clases, seis videos para apoyar el trabajo autónomo de estudiantes y, una rúbrica de evaluación, esta última, detallada a continuación.

2. Elaboración colaborativa (docentes, ayudantes y profesionales de apoyo a la docencia) de rúbrica de evaluación para el aprendizaje, cuyo propósito es orientar el desempeño de estudiantes y, favorecer la retroalimentación oportuna por parte

de docente y ayudante. El instrumento se compone de las siguientes dimensiones y criterios:

Tabla 2. Dimensiones y criterios rúbrica de evaluación

Dimensión	Criterios	Definición
1. Justificación del problema	1.1 Relevancia del problema	Mediante el uso de información cualitativa y cuantitativa se justifica la necesidad de resolver el problema, dejando en claro su magnitud y trascendencia
2. Planteamiento de causas	2.1 Coherencia	Relación lógica entre dos elementos (causa-problema) que no produce contradicción ni oposición entre ellos.
	2.2 Verificación	Comprobación de la autenticidad de la causa.
	2.3 Viabilidad	Posibilidad de actuar sobre las causas, teniendo en cuenta el manejo disciplinar, tiempo disponible para trabajar en el proyecto y, la modalidad de trabajo a distancia y en línea.
3. Planteamiento de consecuencias o efectos	3.1 Coherencia	Relación lógica entre causas-problema y consecuencias, cuyo planteamiento no produce contradicción ni oposición entre estos elementos.
4. Elaboración propuesta de solución	4.1 Asunción de responsabilidades dentro del equipo de trabajo	Organización efectiva para el desarrollo de las tareas y actividades del proyecto respetando los roles asignados en cada grupo.
	4.2 Simulación técnica de la propuesta de solución.	Por simulación se entiende la emulación en distintos niveles de representación y profundidad el funcionamiento de la solución una vez que esta sea implementada.
	4.3 Factibilidad de la propuesta en contexto	Se entiende por factibilidad las posibilidades que tiene de lograrse un determinado proyecto o propuesta de solución. El estudio de factibilidad es el análisis para determinar si el proyecto que se propone será bueno o malo, y cuáles serán las estrategias que se deben desarrollar para que sea exitoso.

	4.4 Reflexión en torno a buenas prácticas durante el proceso	Se reconocen las mejores formas de trabajo, reconociéndose como oportunidades que ayudan en el proceso de mejora continua.
	4.5 Interdisciplinariedad.	Combinación de enfoques de distintas disciplinas (matemáticas, ingeniería, tecnología y ciencias) sobre un mismo objeto, que se inter vinculan de formas específicas para el logro de un objetivo común.
5. Presentación de la propuesta de solución	5.1 Aspectos técnicos.	Se considera que en el video de presentación se pueda entender y ver de buena manera el trabajo, además de que la entrega sea a tiempo.
	5.2 Expresión oral.	Presentación, uso formal del lenguaje, mostrar el rostro.
	5.3 Estructura cápsula audiovisual.	Considera que la cápsula abarque todos los aspectos desarrollados en el trabajo.
6. Trabajo en equipo (autoevaluación).	6.1 Trabajo grupal equitativo.	Considera si el trabajo fue realizado de manera grupal.
	6.2 Roles de cada integrante.	Los integrantes cumplieron su rol.
	6.3 Satisfacción con el trabajo realizado.	Grado de satisfacción con el trabajo realizado en grupo.

La rúbrica de carácter analítico y progresada en 4 niveles de logro (avanzado, bien, regular e insuficiente) será utilizada para evaluar a 601 estudiantes de primer año, cohorte 2021, distribuidos en ocho carreras y 20 secciones de la asignatura introducción a la ingeniería.

3. Elaboración de instrumento para recoger la percepción de estudiantes sobre habilidades de trabajo colaborativo, comunicación efectiva y resolución de problemas pre y post experiencia ABP. El cuestionario fue construido sobre la base de los siguientes antecedentes empíricos en torno al impacto de la metodología ABP con enfoque STEM en estudiantes: (i) Favorece habilidades, actitudes y valores, en sintonía con las demandas profesionales que los y las estudiantes se encontrarán el espacio laboral al momento de egresar (Ball & Forzani, 2011); (ii) Desarrolla habilidades de resolución de problemas y estimula la creatividad de los y las estudiantes (Fernández March; 2006) y; (iii) Afectan la confirmación vocacional, el manejo de expectativas y la autopercepción de capacidades para enfrentar los estudios universitarios (Goldfinch, J. y Hughes, M; 2007); (Catterall, J; 1998); (Mischel, W & Zeiss, R; 1974).

5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se buscaba mostrar una propuesta de implementación de actividades STEM, que promoviera el trabajo colaborativo en el diseño de actividades y rúbrica, por medio de una CA conformada por docentes, ayudantes y profesionales del CEA. Los resultados de la experiencia desarrollada en la UTEM, con la propuesta presentada muestran la utilidad que presenta la propuesta, sobre todo en la aceptación y validación por parte de los docentes de la actividad a desarrollar en el aula, guías de trabajo y rúbrica, dado que estos productos no son fruto de una creación individual, sino que son resultados del trabajo colectivo de la CA.

Los tiempos y esfuerzos que significan el trabajo en CA, no significan una sobrecarga laboral para los docentes, por el contrario, significan un apoyo importante y un alivio en la carga laboral docente, esto se debe a que en la propuesta se implementa la metodología de bola de nieve, en donde el trabajo colectivo se comparte no solo al interior de cada CA, sino que también entre las CA. Este aspecto es muy importante, para replicar la propuesta presentada, en otros contextos, niveles educativos y áreas del conocimiento.

Para futuras implementaciones, se puede involucrar el aspecto interdisciplinario, involucrando estudiantes y profesores de distintas carreras en el desarrollo de actividades STEM. Por otro lado, puede ser interesante integrar a los estudiantes en la CA, para dar una mirada aún más holística a la construcción de las actividades, guías de trabajo y rúbrica.

REFERENCIAS

- Ball, D. L., & Forzani, F. M. (2011). Building a common core for learning to teach, and connecting professional learning to practice. *American Educator*, 35(2), 17 – 21.
- BID (2010). Ciencia, tecnología e innovación en América latina y el Caribe. Un compendio estadístico de indicadores. Washington, DC: Autor.
- Catterall, JS (1998). Riesgo y resiliencia en la transición de los estudiantes a la escuela secundaria. *American Journal of Education*, 106 (2), 302–333
- Caicedo, N. S., & Calvachi, D. R. R. (2021). Estándares mínimos de calidad de la educación superior en Ecuador durante la pandemia por COVID-19, como medio de protección del derecho a la educación superior. *Tsafiqui-Revista Científica en Ciencias Sociales*, (16), 7-18.
- Corfo y Fundación Chile (2017). Preparando a Chile para la sociedad del conocimiento. Hacia una coalición que impulse la Educación STEAM. Santiago: Autores.
- Fernández March, A. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio siglo XXI*, 24, 35-56.
- Ferrada, C., Díaz-Levicoy, D. A., Salgado Orellana, N., y Puraivan, E. (2019). Análisis bibliométrico sobre educación STEM.
- Fuenzalida Quilodrán, H. M. (2020). Impacto de un programa de pre-ingeniería en las actitudes hacia la educación STEM de grupos minoritarios en Chile: el caso de estudio Savialab.
- Goldfinch J, Hughes M. Habilidades, estilos de aprendizaje y éxito de los estudiantes de primer año. *Aprendizaje activo en la educación superior*. 2007; 8 (3)
- Hernández, R., Fernández, C. y, Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación. McGraw-Hill; México DF; México.
- Lau, A. C., Martin, M., Corrales, A., Turpen, C., Goldberg, F., & Price, E. (2021). The Taxonomy of Opportunities to Learn (TxOTL): a tool for understanding the learning potential and substance of interactions in faculty (online) learning community meetings. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1-24.
- Mischel, W., Zeiss, R. y Zeiss, A. (1974). Control y persistencia interno-externo: validación e implicaciones de la escala interna-externa de Stanford Preschool. *Revista de personalidad y psicología social*, 29 (2), 265-278.
- Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura [OEI]. (2020). Guía Iberoamericana para la evaluación de la Calidad de la Educación a Distancia. <https://bit.ly/39eCoCn>
- Peri, G., Shih, K., & Sparber, C. (2015). STEM Workers, H-1B Visas, and Productivity in US Cities. *Journal of Labor Economics*, 33(1), 225–255. doi:10.1086/679061
- Quality Assurance Agency for Higher Education [QAA]. (2020). COVID-19: Thematic Guidance. Practice and Lab-based Assessment. <https://bit.ly/3aoaioT>
- Valls, R. (2020). Comunidades de aprendizaje: una práctica educativa de aprendizaje dialógico para la sociedad de la información. Universitat de Barcelona, España.
- Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). STEM lesson essentials, grades 3-8: integrating science, technology, engineering, and mathematics. Portsmouth: Heinemann
- Universidad Tecnológica Metropolitana. (2011). Modelo Educativo: Lineamientos educativos y enfoque curricular. Santiago; Chile.