

Diseño de actividades bajo el marco de enseñanza para la comprensión en el primer año universitario

Design of activities under the framework of teaching for understanding at the first-year university level

Marco Antonio Noguez Córdoba^{1a}✉, Mateo Barkovich^{1a}, Marcos López Chimil^{1b}, Rita Vázquez Padilla^{1c}

¹Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Plantel San Lorenzo Tezonco, {^aAcademia de Física, ^bAcademia de Informática, ^cAcademia de Matemáticas}

RESUMEN

La educación centrada en el aprendizaje es uno de los principios de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) el cual no se ha podido consolidar debido a la persistencia del enfoque de enseñanza basado en la clase magistral, entre otras causas. La propuesta de la Enseñanza para la comprensión (EpC), elaborado por el proyecto Zero de la Universidad de Harvard, propone un marco de trabajo para diseñar unidades temáticas que involucren activamente a los estudiantes al alinear metas de comprensión con actividades de desempeño y una evaluación formativa continua. En este artículo se presenta la descripción cualitativa del trabajo exploratorio de un grupo de profesores de Matemáticas, Física e Informática del Ciclo Básico de las carreras del Colegio de Ciencia y Tecnología de la UACM en el diseño de actividades basadas en la EpC. Como conclusión, se encuentra que la EpC es una metodología que permite desarrollar recursos de aprendizaje activo a través de un trabajo de colaboración colegiado, que puede permitir desarrollar puentes entre diferentes cursos y apoyar el aprendizaje integral en la formación básica de un ingeniero.

PALABRAS CLAVE: aprendizaje activo; enseñanza para la comprensión; educación de la ingeniería; comunidad de aprendizaje.

ABSTRACT

Learning-centered Education is one of the principles of the Autonomous University of Mexico City (UACM), which has not been consolidated due to the persistence of the teaching approach based on transferring knowledge via the master class. The Teaching for Understanding framework -developed by the Zero project at Harvard University- proposes a strategy for designing didactic sequences that actively engage students by aligning understanding goals with performance activities and an ongoing assessment. This article presents a qualitative description of some initial results developed by a group of teachers in charge of different engineering undergraduate courses related to math, physics, and informatics, to design and implement activities based on EpC. In conclusion, it is found that the EpC is a methodology that allows active learning activities through collaborative work, which can help to develop bridges between different courses and support comprehensive learning in the basic formation of an engineer.

KEYWORDS: Active learning; teaching for understanding; engineering education; learning communities.

Correspondencia:

DESTINATARIO: Marco Antonio Noguez Córdoba.

INSTITUCIÓN: Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Plantel San Lorenzo Tezonco.

DIRECCIÓN: Calle Prolongación San Isidro 151, col. San Lorenzo Tezonco, Alcaldía Iztapalapa, Ciudad de México, C. P. 09790.

CORREO ELECTRÓNICO: marco.noguez@uacm.edu.mx

Fecha de recepción: 20 de junio de 2023. **Fecha de aceptación:** 10 de noviembre de 2023. **Fecha de publicación:** 17 de noviembre de 2023.



I. INTRODUCCIÓN

Entre los desafíos actuales que enfrenta la educación superior destacan dos relacionados con el aprendizaje y la inclusión: por un lado, está teniendo lugar un cambio en los métodos de instrucción, en donde la enseñanza basada en la clase magistral está siendo sustituida por clases que tienen como centro la participación de los estudiantes. Este cambio está impulsado por la creciente evidencia en la eficacia del aprendizaje activo ^[1] y por la creciente accesibilidad a repositorios de recursos y estrategias basados en evidencia (por ejemplo, ^[2] y ^[3]). Por otro lado, existe una preocupación creciente sobre el acceso y permanencia de los estudiantes en las carreras relacionadas con la ciencia y la tecnología en donde el índice de abandono es muy grande, sobre todo de los estudiantes que provienen de un ambiente económico desfavorable ^[4].

El proyecto educativo de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) plantea que la inclusión y permanencia de los estudiantes que normalmente no tienen acceso a la educación superior debe apoyarse en el principio de educación centrada en el aprendizaje ^[5], donde el estudiante adquiere un papel activo construyendo y elaborando sus conocimientos, dotándolos de significado mediante la interacción tanto con los objetos de aprendizaje como con sus compañeros. El profesor, en lugar de ser un transmisor del conocimiento, se convierte en un mediador que apoya al estudiante a adquirir aprendizajes significativos, a partir de sus conocimientos previos, necesidades, intereses y experiencias.

Silva ^[6] apunta que este principio no se ha podido consolidar en esta institución, debido, entre otros factores, a que persiste el enfoque de clases únicamente expositivas y a la ausencia de una política institucional específica que norme y promueva la innovación e investigación educativa. Además, en la UACM no se ha concretado un programa de actualización docente, lo que dificulta el diseño e implementación de materiales didácticos innovadores. Guzmán ^[7] señala que existe una fuerte tradición en la educación superior en donde la formación docente y los conocimientos relacionados con las didácticas y el conocimiento pedagógico del contenido se consideran poco importantes, por lo que es preciso promover espacios de reflexión y análisis acerca de lo que sucede dentro de los salones de clase.

En contraposición a la enseñanza centrada únicamente en la transmisión de conocimientos, se encuentra la enseñanza que promueve la construcción de la comprensión por parte de los estudiantes. Bajo esta premisa, un grupo de académicos del proyecto Zero de la Escuela de Graduados en Educación de la Universidad de Harvard ^[8], construyeron un marco de trabajo centrado en el diseño de actividades, considerando a la comprensión como “la habilidad de pensar y actuar con flexibilidad a partir de lo que uno sabe.” Este enfoque, conocido como Enseñanza para la Comprensión (EpC), retoma los hallazgos de la psicología cognitiva sobre cómo aprendemos y el estudio de casos de profesores que centran su enseñanza en la comprensión de los estudiantes ^[9].

Los integrantes del proyecto Zero han publicado varios recursos donde se exponen esta propuesta: en un primer libro se hace un recuento sobre la investigación que dio origen a la propuesta ^[10]; un segundo libro presenta una guía para su aplicación por parte de los docentes ^[11]; y en un tercer libro se extiende la propuesta para incluir el uso de la tecnología ^[12]. Además, existe una gran cantidad de artículos de investigación y materiales de difusión sobre esta aproximación pedagógica.

El marco de trabajo de la EpC gira en torno a una serie de preguntas que guían el diseño de las actividades para promover la comprensión ^[12]:

1. ¿Cuáles son los tópicos que vale la pena aprender?
2. ¿Qué es lo que el estudiante debe entender acerca de estos tópicos?
3. ¿Cómo los estudiantes desarrollan y demuestran la comprensión?
4. ¿Cómo los estudiantes y profesores evalúan la comprensión?
5. ¿Cómo los estudiantes y profesores aprenden juntos?

Estas preguntas están asociadas a los cinco principios de la propuesta de la EpC: generar tópicos generativos y metas de comprensión, diseñar desempeños de comprensión, realizar una evaluación continua que apoye el aprendizaje y construir una comunidad de reflexión colaborativa.

Aunque la mayoría del trabajo inicial de la EpC surge de la experiencia en la escuela secundaria en Estados Unidos de América, en la actualidad hay un gran interés

para expandir este marco de trabajo a la educación superior. En Costa Rica, Salgado ^[13] reporta cómo la EpC sirvió de base para reestructurar el modelo pedagógico de una universidad costarricense en torno a competencias y establecer proyectos en sustitución de exámenes finales.

Hurtado ^[14] da cuenta de que la mayoría de las investigaciones sobre la implementación de la EpC en Hispanoamérica se han centrado en el nivel universitario, sobre todo en el área de las humanidades, con Argentina y Colombia liderando el número de publicaciones.

Jubert y su equipo ^[15] dieron seguimiento a un cuestionario que sirvió de evaluación diagnóstica en un curso de química, el cual también se utilizó como instrumento para evaluar el nivel de comprensión de las metas establecidas en las actividades. También se destaca el uso del blog como herramienta para socializar el trabajo realizado por los estudiantes. Este estudio reporta que los alumnos avanzaron dos niveles en la comprensión de los objetivos de aprendizaje.

Morán ^[16] analizó la aplicación de la EpC en un curso de robótica para facilitar la comprensión de conceptos básicos del funcionamiento de robots antropomorfos. La construcción y análisis de los proyectos a partir de una rúbrica les permitió determinar que casi dos terceras partes de los estudiantes alcanzaron un nivel satisfactorio de comprensión.

En la Universidad de Antioquia, en Colombia, el diseño de una unidad didáctica para la comprensión del concepto de campo eléctrico fue desarrollado por Mejía ^[17] en su tesis de maestría.

En el caso de la propuesta de Silva ^[18], la EpC se usó como marco de trabajo para rediseñar un curso introductorio de física en una universidad argentina, donde se muestra que las innovaciones en el diseño permitieron mejorar la motivación y, por lo tanto, el desempeño de los estudiantes. En los trabajos de investigación revisados se destaca la prevalencia de la clase expositiva y los ejercicios como forma de trabajo en las instituciones de educación superior, así como la alta tasa de abandono que tienen los cursos STEM, por lo que un resultado esperado de la aplicación de la EpC es disminuir la tasa de abandono, lo cual se reporta en el artículo de Mejía ^[17].

Adicionalmente, es importante considerar el papel del trabajo colegiado en torno a la educación y formación de los estudiantes. En el proyecto educativo ^[5] se especifica que las academias y grupos de trabajo deben analizar las aportaciones pedagógicas que puedan contribuir a mejorar su docencia. La EpC promueve la reflexión colectiva entre profesores a través de una guía de preguntas y actividades para facilitar el aporte de otros profesores, tanto de la misma disciplina como de otras áreas del conocimiento, en el diseño de las actividades de comprensión. El Ciclo Básico de la UACM, que idealmente se debe de completar en cuatro semestres, está conformado por cursos del área de matemáticas y física, con algunas materias relacionadas con la informática, la introducción a la ingeniería y la modelación matemática. De acuerdo con algunos informes internos, el abandono de los cursos que se imparten en el primer semestre por parte de los estudiantes ronda en el 70 %, por lo que es fundamental promover el trabajo colegiado que estudie los retos y problemáticas comunes a los que se enfrentan los estudiantes en los cursos de matemáticas, física e informática.

En el presente artículo se presenta una exploración cualitativa sobre el diseño colaborativo de actividades de física, matemáticas e informática usando el marco de trabajo de la EpC, así como algunos resultados preliminares sobre el impacto de la propuesta. Esta indagación se realizó por parte de un grupo de profesores a cargo de cursos de diferentes áreas en las carreras de ingeniería del Colegio de Ciencia y Tecnología (CCyT) en una reunión semanal que se llevó a cabo durante el semestre 2022-II. Finalmente, se delinean algunos posibles objetivos de aprendizaje comunes que podrían servir como puentes entre los cursos de las diferentes áreas de formación básica, para que los estudiantes puedan tener una experiencia integradora, sobre todo en los primeros años de las carreras de ingeniería.

II. METODOLOGÍA

Como punto de partida se planteó al grupo de profesores la cuestión de definir los tópicos generativos y las metas de comprensión para los cursos de manera colegiada. En el marco de la EpC se reconoce la elección de tópicos generativos como un trabajo con un componente personal, que parte de los intereses del docente y refleja lo que para él o ella es más importante, y también un componente colaborativo, ya que los tópicos generativos pueden tener conexiones con otras materias, por lo que

se enriquecen con el punto de vista y experiencia de los pares y lo que la institución establece como importante.

Cada profesor expuso su propuesta usando, en algunos casos, una red de ideas alrededor del tópico generativo, recibiendo retroalimentación del resto del grupo. Este trabajo sirvió para establecer puntos comunes con relación a la enseñanza desde una perspectiva interdisciplinaria. En particular, se buscó identificar conceptos o habilidades que son transversales a la formación en las tres disciplinas. Luego, cada profesor eligió una unidad de aprendizaje para establecer las metas de comprensión respectivas, las cuales se compartieron en las reuniones de trabajo para refinar su descripción o hacerlas más claras a los estudiantes.

Una vez establecidas las metas de comprensión, cada profesor elaboró actividades relacionadas con cada meta. En las reuniones se discutieron los alcances del diseño, así como algunas de las dificultades que experimentaron los estudiantes. Como primer ejercicio, se realizó una revisión de la estructura del marco general de la EpC a partir de la lectura de la Guía para el docente ^[11] para implementar la propuesta en algunas unidades didácticas.

A continuación, se detallan las partes del marco de la EpC relacionadas con los tópicos generativos y las metas de comprensión.

TÓPICOS GENERATIVOS

Un tópico generativo es un tema que debe conectar con las ideas principales del curso y que pueda también tener conexiones con otras materias. Este tópico debe ser auténtico, accesible y atractivo, por lo que es importante incluir los intereses y experiencias de los estudiantes. Al mismo tiempo, este tema debe ser de interés para el docente y tener una gran variedad de recursos que se puedan utilizar.

Para poder elegir un buen tópico generativo, Wiske ^[12] sugiere hacer una lluvia de ideas y ordenarlas en un formato de red donde se puedan visualizar las diferentes conexiones y donde los temas que tengan más relaciones son candidatos para ser tópicos generativos. Algunos ejemplos de tópicos generativos que se presentan en los casos de estudio son: el razonamiento proporcional, el análisis de patrones usando múltiples sistemas simbólicos y conjeturas o el entendimiento de

las estadísticas a través de los deportes. En el caso de la educación superior, además de conectar los diferentes temas relacionados con los intereses de los estudiantes, es muy importante hacer referencia a la relación de los principales conceptos del curso —tanto con las diferentes áreas de formación de las ciencias básicas como con su uso en el Ciclo Superior—, donde se imparten las materias relacionadas con la práctica profesional.

METAS DE COMPRENSIÓN

Uno de los grandes retos de la enseñanza en educación superior es saber cómo hacer frente a la gran cantidad de contenidos que abarcan los programas de estudio. Las recomendaciones actuales para la transformación de los cursos sugieren realizar una discusión colegiada sobre lo que los estudiantes deben de aprender (véanse por ejemplo ^[19] y ^[20]). En el marco de la EpC, las metas deben de apoyar la comprensión siempre y cuando cumplan las siguientes características:

- Prioricen las ideas claves del curso.
- Abarquen diferentes dimensiones de la comprensión.
- Establezcan conexiones entre las metas de las unidades y las metas globales del curso.
- Sean enunciadas explícita y públicamente.

También es importante considerar que la comprensión se puede desarrollar en diferentes ámbitos: los conocimientos, las herramientas metodológicas que se utilizan en las diferentes disciplinas, como las habilidades de pensamiento científico que se emplean para buscar patrones y regularidades en la naturaleza, y las diferentes formas de comunicación para explicar las ideas de manera clara y adaptadas según el público a quien se dirige. La EpC plantea dos diferentes tipos de metas: los objetivos relacionados con el tópico generativo de una unidad temática particular y las metas de comprensión abarcadoras o hilos conductores que atraviesan diferentes unidades, cursos e incluso ciclos.

Blythe ^[11] aconseja realizar también una lluvia de ideas inicial para tratar de enunciar las metas de comprensión y trabajar de manera colegiada su mejoramiento. Las metas de comprensión deben de socializarse con los estudiantes, de preferencia en forma de preguntas. Analizar las respuestas que dan los estudiantes pueden aportar información acerca del grado de comprensión de cada meta, así como conocer algunas de las dificultades para alcanzarlos. Los trabajos de investigación

—artículos y tesis— sobre la EpC aportan ejemplos de redacción y alcance de las metas en los cursos relacionados con la ingeniería. La investigación en enseñanza de la física (por ejemplo, en ^[21], ^[22]) es otra fuente de posibles referencias de objetivos de aprendizaje, así como algunos libros de texto de física que están comen- zando a incorporar metas de comprensión al inicio de cada capítulo, como lo hacen Knight ^[23] y Chabat ^[24].

DESEMPEÑOS DE COMPRENSIÓN

En el marco de la EpC, el entendimiento de un tema se construye a partir de una secuencia de actividades que de manera gradual va dando sentido a las ideas centrales. Los desempeños de comprensión deben permitir a los estudiantes confrontar los conocimientos previos de manera crítica, para que puedan realizar nuevas conexiones entre ideas, así como también deben dar oportunidad al desarrollo de la autonomía sobre su aprendizaje y poder demostrar públicamente lo que han comprendido. En la UACM, han surgido diversas experiencias en el uso de materiales que promueven el aprendizaje activo, tanto de diseño propio como de materiales emanados de la investigación en enseñanza, como los tutoriales de *Física Introductoria* y de *Física por Indagación* de Lilian McDermott ^[25]. También se ha incorporado el uso de la tecnología a través de software interactivo, como GeoGebra ^[26], y de ejercicios interactivos en matemáticas, a través de la plataforma Grasple ^[27]. En las clases de Introducción a la Programación, parte del aprendizaje se realiza a través de proyectos que funcionan como desempeños culminantes.

VALORACIÓN CONTINUA

En el modelo de la EpC, la evaluación debe apoyar la comprensión al proporcionar una retroalimentación sobre las tareas de desempeño para conocer el nivel de comprensión de ideas, procesos y herramientas. Esto se logra al establecer criterios claros y públicos sobre los desempeños durante el desarrollo de los entendimientos y no únicamente al presentar un examen al terminar una unidad.

De acuerdo con Wiske ^[12], la evaluación apoya a la comprensión cuando:

- los estudiantes entienden lo que implica un trabajo de calidad;
- la colaboración entre pares ayuda a los estudiantes a analizar y mejorar su trabajo;

- la retroalimentación proviene de diferentes fuentes: profesor, compañeros o un sistema tutorial inteligente, y
- los profesores obtienen una mejor fotografía de la comprensión de los estudiantes.

En el proyecto de la UACM, la evaluación está pensada para constituir “un instrumento al servicio de la permanencia y la formación de los estudiantes” ^[5]. En este sentido, la evaluación implica un trabajo colegiado donde se debe consensuar lo que los estudiantes deben saber hacer al terminar cada curso, y sirve a su vez de guía para que estudiantes y profesores tomen decisiones acerca de los apoyos y acciones para avanzar con éxito.

COMUNIDAD DE APRENDIZAJE

En la EpC se recalca la importancia de poder contar con un espacio de trabajo colegiado para reflexionar sobre el trabajo docente. El trabajo de reflexión propuesto por Blythe ^[11] promueve el trabajo con otros profesores de tal manera que los colegas puedan servir como caja de resonancia, lo que permite evaluar y mejorar los cursos. También es fundamental compartir -y negociar- las metas de aprendizaje con profesores que enseñen el mismo curso, pero también es importante socializar el trabajo del aula con colegas que enseñan en niveles superiores o inferiores, así como expertos en otras disciplinas.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La descripción del diseño de cuatro diferentes cursos se presenta a continuación:

1. TALLER DE MATEMÁTICAS

Contexto: El Taller de Matemáticas es un curso dirigido a estudiantes de recién ingreso a la universidad. Es un curso que, debido a su naturaleza, tiene un alto índice de deserción.

Tópicos generativos: Razonamiento inductivo.

Metas de comprensión abarcativas: ¿Para qué pueden ser útiles las matemáticas en mi carrera y en mi vida? y ¿cómo se argumenta en matemáticas?

Metas de comprensión de la unidad: El estudiante comprenderá que el razonamiento inductivo se caracteriza

por hacer inferencias a partir de la observación de situaciones en donde hay un patrón o regularidad.

Metas de comprensión como preguntas: ¿Cómo explicar a alguien más un patrón o regularidad? y ¿en qué consiste hacer una inferencia por inducción?

Desempeños de comprensión: Se presentan diferentes secuencias de figuras para que los estudiantes puedan encontrar un patrón, describir los diferentes comportamientos y poder realizar una inferencia inductiva. Los estudiantes diseñan en equipos sus propias secuencias para retar a otros compañeros a encontrar las regularidades. Después, los ejemplos se diversifican al presentar series de números y situaciones de la vida cotidiana.

Valoración continua: Informal y a través de un cuestionario.

2. TALLER DE FÍSICA

Contexto del curso: El Taller de introducción al CCyT es un curso que se imparte a los estudiantes que ingresan a la UACM y su objetivo principal es prepararlos para que tengan bases sólidas para los cursos de física. Los estudiantes, de acuerdo con los exámenes diagnósticos de matemáticas y comprensión lectora, presentan un muy bajo nivel.

Tópicos generativos: ¿Hasta qué punto podemos predecir el futuro?

Metas de comprensión abarcativas: ¿Cuál es el significado de velocidad constante?, ¿cuáles son sus características? y ¿a qué situaciones, diferentes al del movimiento de un objeto, podemos aplicar el concepto de velocidad constante?

Metas de comprensión de la unidad: Los estudiantes comprenderán el concepto de velocidad como una medida de la tasa de cambio de una magnitud cualquiera en el tiempo, así como a reconocer si una situación corresponde o no a un caso de velocidad constante.

Los estudiantes podrán determinar la pendiente y ordenada al origen de una recta (dada su gráfica o ecuación), así como determinar la ecuación de una gráfica y graficar una recta a partir de su ecuación. También deberán usar diferentes representaciones de un Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU): tabla, representación es-

troboscópica, gráfica y algebraica, reconociendo los parámetros relevantes en cada caso.

Desempeños de comprensión: Las actividades que realizan los estudiantes buscan representar el movimiento de un carro de juguete tanto gráfica como analíticamente. Deben explicar cómo cambian estas representaciones si se modifican algunos parámetros, e identificar una situación diferente al movimiento de un carro (por ejemplo, llenado de un envase cilíndrico a caudal constante) que se pueda modelar mediante un modelo lineal (velocidad constante) y predecir qué va a suceder con el sistema.

Valoración continua: Ejercicios sencillos para reforzar en cada clase, pequeñas evaluaciones formativas semanales, realización de fichas con conceptos y el registro de las actividades en una bitácora y explicaciones diarias informales.

3. MECÁNICA II

Contexto del curso: El curso de Mecánica II está ubicado en el segundo semestre de las carreras del CCyT y es la segunda parte del curso donde se aborda la mecánica de una partícula en una dimensión. Mecánica II presenta un gran reto para los estudiantes, ya que muchos de ellos no han comprendido los conceptos de Mecánica I, por lo que normalmente se hace un repaso de los temas de esta materia. El profesor eligió el estudio del movimiento de tiro parabólico, ya que permite aplicar las ideas del movimiento con rapidez y aceleración constantes y se usan muchas de las herramientas metodológicas necesarias para Mecánica II.

Tópicos generativos: ¿Cómo simular el movimiento del tiro parabólico?

Metas de comprensión: ¿Cómo simular el movimiento de tiro parabólico en GeoGebra?, ¿qué regularidades sobre el movimiento aparecen en el tiro parabólico?, ¿cómo utilizamos el concepto de función para describir (y simular) el movimiento? y ¿qué importancia tienen los vectores en el análisis del tiro parabólico?

Desempeños de comprensión: En la actividad exploratoria, los estudiantes realizan la descripción de un tiro parabólico a partir de un vídeo. En los desempeños de comprensión se trabaja con la foto estroboscópica del movimiento tipo proyectil de un objeto para guiar al estudiante a encontrar las principales características de

este movimiento. Los estudiantes completan una hoja con el modelo matemático del tiro parabólico. El desempeño culminante consiste en calcular la rapidez inicial del lanzamiento de un balón de fútbol a partir de la medición de la distancia total recorrida y el tiempo de vuelo, así como simular el movimiento del balón en GeoGebra.

Valoración continua: El reporte de esta actividad termina con la reflexión sobre las preguntas relacionadas con las metas de comprensión. Se diseñó una rúbrica con los criterios para evaluar la resolución del problema y la simulación.

4. ARQUITECTURA DE SOFTWARE

Contexto del curso: El curso de Arquitectura de Software pertenece a la Licenciatura de Ingeniería de Software y se imparte en el octavo semestre, donde se enseña parte del llamado proceso de software, el cual es un elemento esencial en esta carrera.

Tópicos generativos: ¿Por qué el mantenimiento de software puede resultar muy costoso con relación a su desarrollo?, ¿qué relación hay entre las fallas de un sistema de software y su diseño? y ¿cómo se relacionan los cursos donde se estudian las etapas del proceso de software con el curso de Arquitectura de software?

Metas de comprensión: El estudiante comprenderá los fundamentos de la Arquitectura de Software a través del vínculo con el diseño de software y con base en los principios de diseño iniciará el estudio de la arquitectura y la manera de crearla de modo adecuado. Además, conocerá varios estilos arquitectónicos que puede utilizar, así como el modo de documentar una arquitectura de software.

Desempeños de comprensión: Lectura de textos, aprendizaje interactivo a través de una presentación y un proyecto final para promover el autoaprendizaje.

Valoración continua: Tareas de revisión grupal semanales y evaluaciones escritas. Los exámenes y las prácticas se dividieron en tres grandes grupos con la idea de abarcar todo el contenido del curso. Se propuso a los estudiantes elaborar el proyecto final aproximadamente a la mitad del curso, con el propósito de lo fueran realizando gradualmente.

Aunque este último curso no se imparte en el Ciclo Básico, el grupo consideró importante incluir en la reflexión el punto de vista de los profesores que imparten los cursos de informática.

Como se puede constatar en las diferentes propuestas, el marco de trabajo se adaptó a las características de cada área del conocimiento, así como a la experiencia previa de cada profesor. La discusión colegiada favoreció el intercambio de ideas para poder redactar las metas de comprensión en forma de preguntas, así como revisar la alineación entre las metas de comprensión con sus respectivos desempeños y actividades de valoración. El intercambio también permitió la ampliación del tipo de actividades que normalmente se implementan en los cursos universitarios. Además, la experiencia de cada profesor en la aplicación de actividades de aprendizaje activo permitió compartir nuevas estrategias, como el uso de la revisión por pares en los cursos de informática que se puede adaptar a los otros cursos en la revisión de los ejercicios de matemáticas y física.

Algunos resultados sobre la implementación de la EpC se presentan en la Tabla 1.

TABLA 1
RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA EpC EN LOS CURSOS DEL CCYT

TALLER DE MATEMÁTICAS	TALLER DE FÍSICA	MECÁNICA II	ARQUITECTURA DE SOFTWARE
Mejoraron el desempeño de la argumentación escrita y el uso de elementos matemáticos dentro del argumento. Los estudiantes produjeron ejemplos propios de inferencias inductivas.	Se clarificaron dificultades de los estudiantes y se ajustaron las metas de comprensión para hacerlas más accesibles a los estudiantes de primer ingreso.	En el proyecto final de síntesis, los estudiantes mostraron una mejoría en la descripción del movimiento y en el manejo de diferentes representaciones. Los estudiantes aplicaron sus conocimientos realizando la simulación de un movimiento en GeoGebra.	El proyecto, que se desarrolló con antelación y siguiendo las metas de comprensión correspondientes, permitió que los estudiantes terminaran el proyecto exitosamente. Se evidenció la necesidad de establecer más eventos de evaluación formativa.

A partir de la experiencia en el diseño e implementación de algunas unidades de la EpC en los cursos del ciclo básico del CCyT, se consensuaron los siguientes resultados:

Al iniciar los cursos, los estudiantes han comprendido muy poco de los temas y herramientas relevantes para poder acceder a nuevos contenidos y habilidades. Por ejemplo, Fuentes ^[28] registra que, al aplicar el inventario del concepto de fuerza en estudiantes del primer semestre de la UACM, encuentra que solo el 20 % de los estudiantes logran discriminar entre las cantidades físicas de posición, velocidad y aceleración. La mención constante de las metas de comprensión a lo largo de cada unidad y las respuestas de los estudiantes al terminar los desempeños mostraron que las preguntas pueden servir de guía para tener presente el propósito de las actividades que realizaban y explicar las ideas principales en sus propias palabras. La mejoría en la comprensión de los estudiantes coincide con los resultados que se han obtenido en otras investigaciones. En general, hubo un mayor involucramiento en el trabajo de clase y un porcentaje menor de abandono (alrededor del 30 %) en los cursos impartidos bajo el diseño de la EpC.

Los estudiantes aprecian el acercamiento y cambio de modalidad de trabajo en las clases, más centradas en realizar actividades y el trabajo en equipo, aunque muchas veces sienten cierto desconcierto por ser la primera vez en tener una clase diferente, donde lo único que hacen es escuchar la exposición del profesor y copiar las notas del pizarrón. Sin embargo, esta metodología implica dedicarles más tiempo a ciertos contenidos, en detrimento de cubrir todos los temas del curso. En la UACM no existen exámenes departamentales, pero en cursos subsecuentes los profesores esperan que todos los temas del curso hayan sido cubiertos.

Es importante generar espacios formales e informales de intercambio de experiencias en el aula, así como tener al alcance recursos y cursos para poder contar con ejemplos de cómo diseñar y aplicar metodologías innovadoras. Se requiere de mucho tiempo para diseñar actividades de aprendizaje activo, las cuales van requiriendo ajustes conforme se van implementando en las clases. Muchos profesores no tienen el tiempo ni el interés de desarrollar nuevos materiales, por lo que es importante generar un banco de actividades basadas en investigación para que otros profesores puedan ir incorporando a su trabajo docente.

La evaluación formativa, planteada tanto en el proyecto de la UACM como en el marco de la EpC, es difícil de llevar a cabo de manera sistemática, dando una retroalimentación oportuna e individualizada. El grupo de trabajo coincidió en que el rubro de la valoración continua es el que presenta más retos y oportunidades de cambio.

Este ejercicio de reflexión entre profesores de diferentes áreas del conocimiento permitió localizar posibles tópicos generativos comunes al conjunto de cursos que se imparten en el primer año de la carrera relacionados con las áreas de física, matemáticas e informática: la modelación, el concepto de función, el uso de vectores, así como la simulación y predicción de movimiento.

Plaza ^[29] señala que el uso de la modelación matemática como herramienta para resolver problemas permite a los estudiantes contextualizar fenómenos, tanto de la vida real como de la ingeniería. Por tanto, uno de los trabajos a futuro debe ser integrar a los profesores de ingeniería en el diseño de los cursos para incorporar ejemplos donde se utilicen las herramientas para el modelado de sistemas en aplicaciones de la ingeniería.

Como parte del trabajo futuro, se planea trabajar en la evaluación formativa y la elaboración de rúbricas para poder obtener información cuantitativa sobre la comprensión de los estudiantes y los temas que se les dificultan más, para poder desarrollar actividades de desempeño que les apoye con los temas más retadores, y que también involucren conocimientos y herramientas de las distintas áreas del conocimiento presentes en la formación inicial de un estudiante del CCyT.

IV. CONCLUSIONES

La propuesta de la EpC promueve elementos comunes a las iniciativas de aprendizaje activo y que están en concordancia con el proyecto educativo de la UACM:

- Centrar el trabajo en el aula alrededor de actividades que promuevan y desarrollen la comprensión, en lugar de tener una clase únicamente expositiva.
- Discutir colegiadamente los propósitos de aprendizaje, haciendo énfasis en lo que los estudiantes pueden hacer con los conocimientos aprendidos.
- Incluir a la evaluación como parte del proceso de aprendizaje al brindar retroalimentación (oportuna e individual) a los estudiantes a partir de sus desempeños.

- Tomar en cuenta los intereses y experiencias de los estudiantes, así como las concepciones alternativas y temas que les causan dificultad.
- Promover el trabajo en equipo, tanto entre los estudiantes, como con los profesores.

Es importante destacar que la flexibilidad del marco de trabajo permite su implementación en los diferentes cursos básicos de educación superior, realizando las adaptaciones a partir de las necesidades de formación de los estudiantes en este nivel. Puede ser una herramienta fundamental para apoyar a los estudiantes con mayores dificultades, ya que clarifica la relación entre las actividades que realizan con metas de aprendizaje y evaluaciones que dan cuenta de su avance.

Es posible diseñar actividades especialmente enfocadas en atender dificultades particulares y crear andamiajes que permitan a los estudiantes acceder a los conocimientos y herramientas de las carreras del CCyT. El trabajo colegiado juega un papel central en la propuesta de la EpC, por lo que puede convertirse una herramienta para promover la conexión entre los diferentes grupos de profesores a cargo de los diferentes cursos y ciclos de la universidad.

La adaptación de los cursos bajo esta modalidad de trabajo debe realizarse de manera gradual, comenzando por una o dos unidades, y acompañado por un grupo de profesores que apoye el diseño, implementación y seguimiento de las unidades didácticas. El campo de conocimiento de las didácticas de las ciencias, matemáticas e ingeniería resultan imprescindibles para apoyar la consolidación de las propuestas, sobre todo al desarrollar investigaciones para indagar su impacto. El apoyo institucional puede enfocarse en generar los apoyos necesarios para promover la formación docente y el apoyo a la investigación educativa. Se espera que este tipo de trabajos pueda apoyar a la transición, tanto dentro de la UACM como en otras universidades, hacia una práctica docente con mayor apego al principio de enseñanza centrada en el aprendizaje.

REFERENCIAS

- [1] S. Freeman *et al.*, “Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics”, *PNAS*, vol. 111, no. 23, pp. 8410-8415, jun. 2014, doi: 10.1073/pnas.1319030111.
- [2] AAPT, “ComPADRE Portal”. APPT.org. <https://www.aapt.org/ComPADRE/> (accedido: abr. 5, 2023).
- [3] SALTISE, “Supporting Active Learning & Technological Innovation in Studies of Education”. SALTISE.org. <https://www.saltise.ca/> (accedido: abr. 5, 2023).
- [4] C. Engstrom y V. Tinto, “Access without Support Is Not Opportunity”, *Change*, vol. 40, no. 1, pp. 46-50, 2008.
- [5] UACM, *El proyecto educativo de la UACM*. Ciudad de México: Universidad Autónoma de la Ciudad de México, may., 2007.
- [6] M. Silva Laya, “Tres iniciativas de equidad educativa universitaria en la Ciudad de México”, *Revista mexicana de investigación educativa*, vol. 24, no. 80, pp. 43-68, mar., 2019.
- [7] C. A. Guzmán, G. Campaner, y M. L. Gallino, “Dimensión pedagógica - didáctica en docentes universitarios. El caso de Ingeniería”, *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, año 4, no. 8, pp. 9-18, abr., 2015.
- [8] Harvard Graduate School of Education, “Project Zero”. PZ.harvard. <https://pz.harvard.edu/> (accedido: abr. 7, 2023).
- [9] H. Ruiz, *¿Cómo aprendemos?: Una aproximación científica al aprendizaje y la enseñanza*. Barcelona: Editorial Graó, 2019.
- [10] M. Stone, ed., *Teaching for understanding linking research with practice* (Jossey-Bass education series), 1.^a ed. San Francisco, CA, EUA: Jossey-Bass Publishers, 1998.
- [11] T. Blythe, *The Teaching for Understanding Guide*. Wiley, 1998.
- [12] M. Stone, K. Rennebohm y L. Breit, *Teaching for Understanding with technology* (Jossey-Bass education series), 1.^a ed. San Francisco, CA, EUA: Jossey-Bass, 2005.
- [13] E. Salgado-García, “Enseñanza para la comprensión en la educación superior: la experiencia de una universidad costarricense”, *Rev. iberoam. educ. super.*, vol. 3, no. 8, pp. 34-50, 2012.

- [14] G. H. Hurtado, “Tendencias investigativas sobre el enfoque de enseñanza para la comprensión (EPC) en Hispanoamérica”, *Revista del Centro de Investigación de la Universidad La Salle*, vol. 11, no. 43, jun. 2015.
- [15] A. Jubert, C. Pogliani, A. M. Tocci y A. Vallejo, “Enseñanza para la comprensión en un curso de química a distancia de nivel básico universitario. El blog como herramienta de trabajo”, *Avances en Ciencias e Ingeniería*, vol. 2, no. 1, pp. 97-106, 2011.
- [16] O. D. Morán y R. R. Monasterolo, “Enseñanza-Aprendizaje en Robótica: Construcción de Simuladores como Actividades de Comprensión”, *Form. Univ.*, vol. 2, no. 4, pp. 31-36, 2009, doi: [10.4067/S0718-50062009000400005](https://doi.org/10.4067/S0718-50062009000400005).
- [17] C. P. Mejía Villagrán, “El marco de la enseñanza para la comprensión aplicado al aprendizaje del concepto de campo eléctrico en estudiantes de ingeniería de sistemas”, tesis de maestría, Fac. de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2011. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7911>
- [18] A. Silva, J. Maeyoshimoto, A. Lacaria y I. Idoyaga, “Innovación en un primer curso de física en la universidad en el marco de la enseñanza para la comprensión”, *Revista de Enseñanza de la Física*, vol. 30, no. extra, pp. 135-140, nov. 2018.
- [19] National Research Council, *Adapting to a Changing World: Challenges and Opportunities in Undergraduate Physics Education*. Washington, DC, EUA: The National Academies Press, 2013, doi: [10.17226/18312](https://doi.org/10.17226/18312).
- [20] S. V. Chasteen, K. K. Perkins, P. D. Beale, S. J. Pollock y C. E. Wieman, “A Thoughtful Approach to Instruction: Course Transformation for the Rest of Us”, *J Coll Sci Teach*, vol. 40, no. 4, pp. 24-30, mar. 2011.
- [21] J. P. Mestre y J. L. Docktor, *The Science of Learning Physics: Cognitive Strategies for Improving Instruction*. Singapur: World Scientific Publishing, 2020.
- [22] C. Wieman, *Improving How Universities Teach Science: Lessons from the Science Education Initiative*. Cambridge, MA, EUA: Harvard University Press, 2017.
- [23] R. D. Knight, *Physics for scientists and engineers: A strategic approach with modern physics*, 4.ª ed. Boston: Pearson, 2017.
- [24] R. W. Chabay y B. A. Sherwood, *Matter & interactions*, 4.ª ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2015.
- [25] L. C. McDermott, *Physics by Inquiry: An Introduction to Physics and the Physical Sciences*, vol. 1, 1.ª ed. Wiley, 1995.
- [26] “GeoGebra | Aplicaciones matemáticas gratuitas - Usado por más de 100 millones de estudiantes y profesores de todo el mundo”, GeoGebra.org. <https://www.geogebra.org/> (accedido: jun. 13, 2023).
- [27] “Grasple - Open Education”. Grasple.org. <https://www.grasple.com/> (accedido: jun. 13, 2023).
- [28] C. Fuentes, “Preconceptos de cinemática y fuerza en estudiantes que inician sus estudios de ingeniería”, *REEC: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 15, no. 1, pp. 43-52, 2016.
- [29] L. F. Plaza, “Modelación matemática en ingeniería”, *IE Rev. investig. educ. REDIECH*, vol. 7, no. 13, pp. 47-57, oct. 2016.