

Implementación de CPBL en física mecánica para el desarrollo de habilidades de orden superior en estudiantes de ingeniería



ISSN 1870-9095

Nubia Cristina Naizaque Aponte

*Área de Ciencias Básicas, Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central,
Calle 13 # 16 - 74, Bogotá, Colombia.*

E-mail: nnaizaque@itc.edu.co

(Recibido el 13 de diciembre de 2019, aceptado el 15 de agosto de 2020)

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados al implementar la metodología: Aprendizaje Basado en Proyectos y Cooperativo (CPBL) en clase de Física I- Mecánica con estudiantes de ingeniería. El objetivo de la investigación consistió en evaluar la metodología como mecanismo para fortalecer los procesos desarrollo y fortalecimiento de aprendizaje autónomo y metacognición. Al implementar CPBL además de mejorar el nivel de conceptualización del componente teórico de la mecánica, se buscó fortalecer el aprendizaje experimental, utilizando dos herramientas: Arduino y Tracker en situaciones reales. La metodología de investigación siguió el modelo ADDIE. Los resultados obtenidos indican que la implementación favoreció el desarrollo de habilidades de orden superior: el pensamiento creativo, el pensamiento crítico, la metacognición y el pensamiento inferencial. Además, mejoró los procesos de evaluación implementados en la asignatura.

Palabras clave: Estrategias para desarrollar habilidades, Arduino y Tracker, Enseñanza en ingeniería.

Abstract

This paper exposes the results when implementing: Project Based Learning and Cooperative Learning (CPBL), Problem Based Learning (ABP) and Autonomous Learning in I-Mechanics Physics class with engineering students. The aim of the research was to evaluate the use of these methodologies as a mechanism to strengthen the processes of development and strengthening of autonomous learning and metacognition. The implementing CPBL furthermore to improving the level of conceptualization of the theoretical component of mechanics, intent to strengthen the experimental learning, using two tools: Arduino and Tracker in real situations. The methodology was the ADDIE model. The results indicated that the implementation favored the development of higher order skills: creative thinking, critical thinking, metacognition and inferential thinking. And it improved the evaluation processes implemented in the subject.

Keywords: Strategies to develop skills Arduino and Tracker, Engineering education

I. INTRODUCCIÓN

En este documento se exponen los resultados al implementar la metodología de enseñanza aprendizaje CPBL con el propósito de mejorar el rendimiento académico y promover el desarrollo de habilidades de orden superior en estudiantes de física de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central (ETITC). La metodología de investigación que se siguió fue ADDIE: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación. En este documento se exponen algunos resultados de la fase final del proyecto, es decir de la implementación y evaluación de CPBL en la asignatura de física mecánica en el tema de cinemática. Sin embargo, es importante mencionar que en la fase inicial se encontró que la clase de física mecánica se orientaba mayoritariamente en un sistema tradicional, donde el rol del docente consistía

impartir conocimiento y el del estudiante recibirlo. Diferentes estudios de implementación de CPBL presentan resultados positivos en relación con el desarrollo de habilidades de orden superior, esto se logra cuando el rol del estudiante pasa de ser pasivo a ser un agente activo que construye su conocimiento realizando procesos de metacognición, enfrentado problemas reales y mejorando habilidades de trabajo en equipo. Algunos autores combinan ABP con Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL) e incluyen aprendizaje colaborativo [2]. Las razones para seleccionar y evaluar CPBL en la población de estudio fueron:

- Al aplicar PBL se promueve el pensamiento crítico y las habilidades de colaboración [3] Shui-fong, Rebecca, Cheng, y Choy (2010).
- El profesor selecciona las líneas de aplicación y actividades que se puedan mejorar y depurar. El

estudiante puede indagar sobre aplicaciones, para aumentar su conocimiento del tema.

- Estudios de implementación de PBL muestran que no es conveniente utilizar la competencia como estrategia, es mejor trabajar en un ambiente cooperativo.
- El enfoque de desarrollo de proyectos, motiva a los jóvenes a aprender porque les permite seleccionar temas que les interesan y que son importantes para sus vidas [4] Aliane y Bemposta, 2008).
- El PBL es un modelo de aprendizaje con el cual los estudiantes trabajan de manera activa, planean, implementan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real más allá del aula de clase [5] (Martí, Heydrich, Rojas, y Hernández, 2010; Labra, Fernández, Calvo, y Cernuda del Río, 2006).
- El PBL se desarrolla en un entorno real y experimental. Esta circunstancia ayuda a los alumnos a relacionar los contenidos teóricos con el mundo real, y esto recae en la mejora de la receptividad para aprender los conceptos teóricos [4] (Aliane y Bemposta, 2008).
- “El PBL crea un marco ideal para desarrollar varias competencias transversales como el trabajo en equipo, la planificación, la comunicación y la creatividad” [4] (Aliane y Bemposta, 2008, p.72), “el desarrollo de habilidades genéricas como la coordinación, búsqueda de información, planificación y organización etc.” [6] (Labra et al, 2006, p.2).
- “El proyecto de apoyo a la metodología PBL constituye el elemento central del proceso de enseñanza-aprendizaje y su elección no es trivial. Es importante resaltar que la metodología de PBL no trata de recrear una consultoría de ingeniería. El proyecto debe ser didáctico y con elementos relacionados con algunos objetivos docentes de la asignatura” [4] (Aliane y Bemposta, 2008, p.72). Se considera que el proyecto debe ser: realizable con los recursos de hardware y software disponibles; Complejo para que se pueda dividir en subproyectos, de tal forma que se puedan crear grupos y propiciar el aprendizaje colaborativo; abierto para que permita diferentes soluciones. [4] Aliane y Bemposta (2008).
- Favorece a crear un ambiente de investigación. En un diseño estructurado por un andamiaje puede crearse plataformas de discusión y problemas escalonados que realmente potencialicen las habilidades del pensamiento),

La ETITC es una institución de carácter público, que utiliza el sistema de ciclos propedéuticos y créditos, en dos jornadas para educación superior, tarde y noche. Existen elementos que inciden el bajo rendimiento de los estudiantes: ellos no invierten el tiempo suficiente en la revisión de los temas abordados en la asignatura física 1 (la *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 14, No. 3, Sept. 2020*

mayoría son trabajadores y han conformado una familia), algunos ingresan a la institución después de mucho tiempo de haber terminado su bachillerato olvidando algunos elementos básicos de la matemática y de la física, no tienen hábitos de estudio, no ejecutan procesos de metacognición. Estos problemas se evidencian en: incumplimiento con las actividades propuestas, falta de atención por el cansancio, dificultades en la comprensión de los temas por los vacíos conceptuales. Por lo anterior surge la necesidad de evitar clases magistrales y utilizar metodologías que favorezcan un aprendizaje activo y significativo. Ya que las dificultades de aprendizaje no son exclusivamente de los estudiantes y coincidiendo con lo expuesto en [7] Garmendia, Barragués, Zuza, y Guisasola (2014) es necesario que los docentes de educación superior se formen en planificación de la docencia, desarrollo de docencia y evaluación. Además, existía la necesidad particular de incluir en el programa de la asignatura el uso de herramientas de trabajo experimental que favorecieran el desarrollo de competencias como el análisis de datos en situaciones reales.

Al implementar y evaluar las metodologías mencionadas se buscó resolver los siguientes cuestionamientos ¿Al implementar el CPBL en la ETITC se pueden potencializar habilidades de orden superior y lograr un aprendizaje significativo de la cinemática? ¿Qué tan conveniente es aplicar CPBL en ETITC? ¿Cómo utilizar las características de la población para lograr mejores resultados? ¿La implementación de CPBL favorece el aprendizaje autónomo? ¿Qué herramientas favorecen la implementación de CPBL en la ETITC? ¿Al implementar CPBL se evidencia un cambio de paradigma del rol docente y del estudiante?

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. La metodología de investigación

Se hizo un estudio de caso utilizando el modelo ADDIE. En el análisis: se determinó utilizar herramientas constructivistas que favorecieran la motivación, el cooperativismo y la autonomía, En el diseño: se construyó una guía teórica-práctica que orientó a los estudiantes en tres momentos del aprendizaje: revisión de ideas previas, construcción de modelos y aplicación de los conocimientos en el desarrollo de un proyecto. La guía se elaboró como herramienta para: definir objetivos de aprendizaje, competencias y enviar información específica de las temáticas (teoría y actividades de reflexión), resaltando elementos conceptuales importantes y parámetros evaluativos: condiciones a cumplir con el proyecto y rubricas de evaluación de cada momento de aprendizaje. Finalmente se implementó y evaluó el uso de las herramientas diseñadas y seleccionadas.

La investigación se enmarca en un enfoque mixto: desde lo cuantitativo se hizo un examen pre y post que permitió identificar la ganancia del estudiante en algunos elementos

conceptuales. La ganancia es la diferencia de las pruebas (inicial y final) sobre el promedio inicial [9] Navarrete et al., (2015) afirman que “En la relación anterior, los promedios – normalizados a 100 – corresponden a las respuestas correctas de los cuestionarios aplicados al grupo. La ganancia normalizada permite comparar el grado de logro de la estrategia o recurso educativo en distintas poblaciones, independientemente del estado inicial de conocimiento. Propone además –con base en los resultados obtenidos en los colegios y universidades americanas – categorizar los resultados de la instrucción en las siguientes tres zonas de ganancia normalizada: Baja ($g < 0.3$), Media ($0.3 \leq g < 0.7$), Alta ($g \geq 0.7$)”.

En algunas preguntas es posible medir la “ganancia” del estudiante en el proceso. Se considera la Ganancia promedio normalizada propuesta en [8] Mora, Collazos, Otero, y Isaza (2015) y Navarrete, Almaguer, Navarrete, y Flórez (2015) que se calcula como:

$$g = \frac{x_f (\%) - x_i (\%)}{100 - x_i (\%)}$$

Por otro lado, en CPBL se concibe la evaluación como herramienta que permite orientar y mejorar el aprendizaje durante todo su proceso. Esto significó hacer un seguimiento al desarrollo del proyecto con unas rubricas de evaluación que se establecieron en la guía. Cada rubrica se estableció con miras a fortalecer las habilidades de orden superior y medir ejecución del proyecto.

B. Instrumentos de la metodología de enseñanza-aprendizaje CPBL

Se implementaron evaluaciones que permitieron: identificar ideas previas y modelos de los estudiantes (correctos e incorrectos); orientar las actividades para el desarrollo de las habilidades de orden superior; Analizar la evolución de los estudiantes con los resultados: de un examen final de manejo conceptual y la presentación de los proyectos.

En todas las implementaciones se aplicaron pruebas de conocimientos previos (PCP), y pruebas conceptuales (PC1=prueban conceptual en las dos primeras implementaciones y PC2=Prueba conceptual en la tercera implementación).

C. Características de la población

Se realizaron tres implementaciones, con estudiantes de electromecánica (E) y sistemas (S). Se trabajó en un muestreo por conveniencia, ya que las implementaciones se aplicaron a los estudiantes que tomaron el curso.

Las pruebas se aplicaron con la aceptación de los estudiantes quienes firmaron el formulario de consentimiento informado establecido por el comité de ética de la ETITC.

D. Algunas características de las herramientas incluidas como apoyo a CPBL

El eje CPBL fue el proyecto que los estudiantes debían desarrollar, en las 3 implementaciones consistió en la construcción de un montaje experimental para el análisis de los movimientos uniforme y uniforme acelerado. En la primera implementación el montaje incluyó el uso del microcontrolador Arduino y sensores, en las otras implementaciones se trabajó con tracker, estas herramientas se utilizaron para recolectar datos experimentales.

Arduino es un microcontrolador que cada vez toma más fuerza en la didáctica de la enseñanza en ingeniería, por esta razón se buscó motivar a los estudiantes en su uso. Inicialmente se utilizó como un ejemplo de instrumento de medición utilizando un sensor ultrasónico para determinar la posición de un cuerpo en dos experimentos, movimiento uniforme y uniforme acelerado, un montaje simple pero preciso.

Como apoyo al proyecto se elaboró una guía, en la cual se estableció las habilidades desde lo cognitivo, lo procedimental y lo actitudinal (ver tabla 1).

TABLA I. Habilidades propuestas en la guía de apoyo a CPBL.

	Cognitivo	Procedimental	Actitudinal
Análisis	Estructura y afianza los conceptos de la cinemática	Construye diagramas con los conceptos y principios físicos de la cinemática.	Distingue estrategias que le permiten construir su conocimiento
Síntesis	Elabora hipótesis de lo que espera ocurra experimentalmente.	Crea y/o adapta diseños que le permiten mejorar el proyecto y validar las hipótesis.	Revisa y reflexiona su proceso de aprendizaje autónomo
Evaluación	Concluye y justifica resultados experimentales	Compara los resultados obtenidos con los de sus compañeros y hace una crítica y autocrítica de dichos resultados.	Valora el trabajo en equipo

III. RESULTADOS

A. Resultados al implementar CPBL y las herramientas seleccionada como apoyo a la metodología de enseñanza

En la primera implementación al utilizar la guía como instrumento de apoyo para CPBL, los estudiantes no

realizaron una lectura analítica y detallada, esto se evidenció en los informes de avances del proyecto ya que la mayoría de estudiantes no cumplieron con lo solicitado según las rubricas de evaluación. Para las siguientes implementaciones se hizo énfasis en el aula en lo propuesto en cada ítem de la guía, con el propósito de asegurar que el estudiante conociera los tips de manejo conceptual y las rubricas para la presentación de los proyectos.

Al trabajar con Arduino se esperaba que los estudiantes profundizaran autónomamente en la programación de la placa, pero esto no se logró. Sin embargo, ellos hicieron un reconocimiento del lenguaje de programación utilizado y de los elementos básicos que se requieren para hacer mediciones de variables físicas

El uso de Arduino estuvo limitado por la disponibilidad económica de los estudiantes y por el bajo conocimiento en programación, por esta razón en la segunda y tercera implementación se utilizó el programa Tracker más asequible (económicamente y de manipulación).

Considerando que los estudiantes no poseían los elementos básicos de programación para utilizar Arduino, se optó por Tracker, una herramienta de análisis de video que es gratuita. En el ejercicio propuesto el estudiante comparó resultados obtenidos en una práctica realizada en el laboratorio de la institución con los resultados del montaje propuesto en su proyecto.

Al implementar CPBL en la ETITC se encontró:

- Se comprobó lo propuesto por [4, 5, 9] Martí *et al.*, (2010), Aliane y Bemposta, (2008), Navarrete *et al.*, (2015) el CPBL además de aumentar la motivación, permitió que los estudiantes aplicaran en un problema: su capacidad creativa, conocimientos y metodología de investigación, lo que les permitió mejorar competencias transversales como el trabajo en equipo, la planificación, la comunicación y el desarrollo de habilidades genéricas como la coordinación, búsqueda de información, planificación y organización. Además, establecer el nivel de comprensión de los temas (evaluación y autoevaluación).
- Los estudiantes lograron potenciar habilidades experimentales como: medición, observación, manejo y análisis de datos, formulación de conclusiones.
- Los estudiantes desarrollan habilidades comunicativas, mejoran su capacidad de síntesis, plantean conclusiones adecuadas, utilizan normas para la presentación de citas y referencias bibliográficas; desarrollan la creatividad e innovación ya que a medida que ejecutan el proyecto deben hacer mejoras y/o presentar soluciones a otras propuestas; coincidiendo con [9] Navarrete *et al.*, (2015), al comparar predicciones teóricas y resultados experimentales los estudiantes desarrollan habilidades analíticas de laboratorio. Además, aprendieron a usar la herramienta de análisis experimental (Arduino y Tracker).
- CPBL permitió procesos de metacognición ya que los estudiantes: identificaron lo que sabían y lo que no, determinaron falencias de sus informes y examinaron el nivel del manejo conceptual en relación con el tema del proyecto, durante la ejecución del proyecto y la exposición, admitieron que no es suficiente con los temas de la clase, sino que además requieren otros conocimientos. Solicitaron

información extra (en especial sobre el manejo de datos). También reflexionaron sobre lo indispensable de los temas abordados y en general de la física en su práctica profesional. En [10] Gamze (2014) se presentan herramientas para el desarrollo de metacognición, de las propuestas por él con la implementación se fortalecieron: la habilidad crítica; la evaluación y el desarrollo del conocimiento individualmente, el conocimiento del grado de comprensión de una tarea, el conocimiento del progreso de una tarea cognitiva y la formación de esquemas: la generación de una infraestructura para ayudar a entender el problema.

- Según [11] Suarez (2015) la autoevaluación es un mecanismo que permite el desarrollo de la metacognición, en este sentido, aunque los estudiantes son conscientes de lo que saben y lo que no, les cuesta trabajo ser objetivos y en el momento de autoevaluarse en algunos casos prima el factor nota.
- Coincidiendo con [12] Talero, Santana y Mora, (2015) la habilidad de extraer información de gráficos es indispensable en la formación de profesionales “al final de cada curso este objetivo no se está cumpliendo”. Al implementar en la ETITC el CPBL se desarrolló esta competencia.
- La instrucción en la ETITC en algunas asignaturas es tradicional. Coincidiendo con lo expuesto por [11] Suarez *et al.*, (2015) la educación tradicional no favorece el desarrollo de competencias. Ya que los currículos están planteados en términos de competencias se considera que el CPBL es una estrategia coherente con el modelo constructivista que se pretende seguir y aplicar en la institución.
- Se comprobó lo expuesto por [5] Martí *et al.*, (2010): el PBL es un modelo de aprendizaje con el cual los estudiantes trabajan de manera activa, planean, implementan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real más allá del aula de clase. Además, al igual que en [6, 8] Mora *et al.*, (2015) y Labra *et al.*, (2006) los estudiantes desarrollaron habilidades de aprendizaje cooperativo.
- Al implementar esta metodología el docente asume el rol de orientador, evidencia sus deficiencias en el proceso de enseñanza, desarrolla habilidades: para evaluar por competencias, motivar a los estudiantes, utilizar estrategias que le permitan optimizar tiempo. El CPBL también genera metacognición en el docente porque le permite evidenciar cuales de sus estrategias son útiles, como las puede mejorar, que tanto conocimiento tiene de ellas, hay un proceso de autoevaluación. Se logró el cambio del paradigma expuesto en [7] Garmendia *et al.*, (2014) “transmisión verbal de los conocimientos ya elaborados, que consiste en suponer que una vez expuesto en clase el contenido, el alumnado aprende” a un reconocimiento del papel que tiene en las dificultades del proceso de aprendizaje y una reflexión continua de la metodología que sigue para lograr una efectiva orientación que favorezca el desarrollo de competencias y habilidades del pensamiento.

B. Resultados de las pruebas de solución de preguntas conceptuales

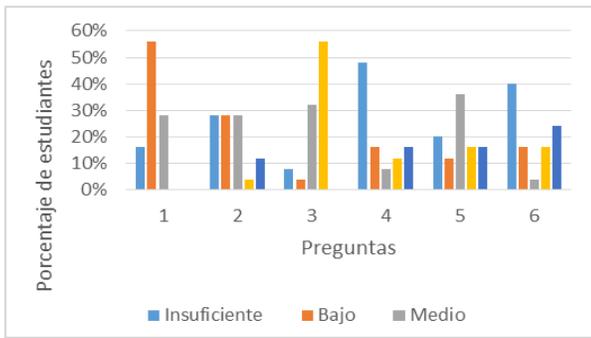


FIGURA 1. Resultados prueba de conocimientos previos grupo G1.

TABLA II. Descripción preguntas Prueba de conocimientos previos.

Pregunta	Descripción
1	Descripción del concepto de velocidad
2	Descripción del concepto de aceleración
3	Reconoce una situación de velocidad constante
4	Reconoce que para una velocidad constante la aceleración es cero
5	Interpreta la información de tablas para la velocidad
6	Interpreta la información de tablas para aceleración

- Se encontró en PC1 que algunos de los estudiantes continúan con dificultades con el concepto de aceleración. Por ejemplo: en una situación de caída libre, inicialmente los estudiantes no manejan el concepto de campo gravitacional, no tienen claridad en la diferencia entre fuerza y aceleración, incluso un 5,8% confunde aceleración con velocidad, después de la implementación sólo un 51,51% da respuestas correctas en PC1 y un 21,21% de ellos en un alto nivel. Por otro lado, en una situación que requiere diferenciar MU de MUA: en PI Un 50% tiene claro el concepto de velocidad a partir del análisis de datos, y sólo un 11,54% tiene claro el concepto de aceleración, aunque un 3,85% y 11,54% respectivamente manifiestan no tener claro el concepto. Después de la implementación en PC2 el 81,82% contestó acertadamente y un 90,91% aprobó, lo que significa una ganancia alta (0.8) para el caso del concepto de velocidad. Sin embargo, para el concepto de aceleración, en un movimiento circular uniforme: en PCP sólo un 17,31% manifiesta no tenerlo claro, el 13,7% opta por la respuesta más adecuada, aunque inicialmente los estudiantes no tienen elementos conceptuales que le permitan discriminar para elegir la opción más acertada, con los resultados obtenidos en PC1, el 24,24% selecciona la respuesta correcta, se observó que persisten dificultades.
- Considerando las dificultades recolectadas en PC1 se modificó la prueba, con el propósito de identificar que elemento del modelo no era correcto para el caso del concepto de aceleración, se incluyeron tres preguntas. La primera evaluó la comprensión de la definición como

cambio de velocidad, el 100% de los estudiantes acertaron en esta pregunta (ambos grupos E y S). Las siguientes preguntas estaban relacionadas con ejemplos de situaciones trabajadas en clase como el caso de un plano inclinado y el Movimiento circular uniforme, aunque se mejoró con respecto a la prueba PC1, no se logró una ganancia alta, Sin embargo, se evidenció que aquellos que incluyeron el movimiento circular en sus proyectos sí clarificaron el concepto.

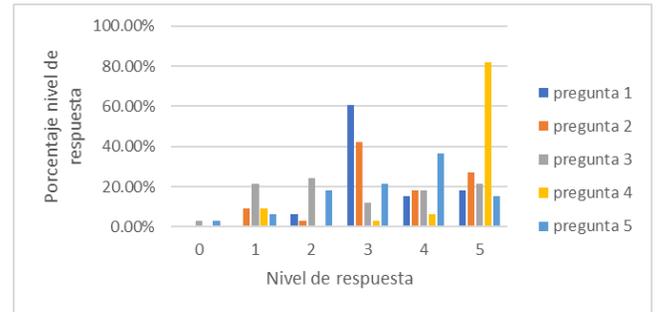


FIGURA 2. Resultados de preguntas abiertas para el grupo CP1.

TABLA III. Descripción preguntas Prueba de conocimientos previos.

Pregunta	Descripción
1	Explicar el concepto de aceleración
2	Explicar por medio de un ejemplo la importancia de considerar la dirección de la velocidad
3	Magnitud y dirección de la aceleración de un proyectil (Situación ideal)
4	Aceleración y velocidad del objeto (situación de MU).
5	Analizar los vectores velocidad y aceleración en el movimiento de proyectil

- El análisis de gráficas como una herramienta para desarrollar habilidades funcionó. Los estudiantes lograron: reconocer gráficas del MU y del MUA, analizar información de gráficas obtenidas con montajes experimentales de los fenómenos mencionados, correlacionar la gráfica con la ecuación de movimiento y deducir o inferir (según el problema) información, evidenciar que las gráficas para situaciones reales difieren de los modelos ideales, lo que implica el reconocimiento de factores que se deben considerar para poder solucionar problemas de aplicación (estos resultados fueron progresivos). En el caso de la prueba PC2 se incluyeron 2 preguntas de análisis de gráficas. El 100% del grupo S contesta correctamente la primera pregunta, pero no lo hacen en la segunda. Aunque se hicieron algunos ejercicios en clase que pretendieron preparar a los estudiantes en este tipo de cuestionamientos se considera que en otra implementación se debería profundizar.
- En estudios como los de [12] Talero *et al.* (2015) Los estudiantes tienen dificultades para entender el movimiento

rectilíneo uniforme, por lo que es necesario generar problemas relacionados con la interpretación gráfica del MU. Para nuestro caso los estudiantes al finalizar el curso identifican y describen adecuadamente el MU (gráficas, conceptos y problemas).

IV. CONCLUSIONES

Se comprobó que el CPBL potencializa el desarrollo de habilidades de orden superior, permite que el estudiante realice procedimientos de metacognición y favorece el aprendizaje significativo. En el proceso se evidenció mayor: motivación, desarrollo de capacidad de síntesis y utilización de técnicas de investigación, lo que permite una formación integral. También se observó que la metodología promueve el pensamiento creativo, el pensamiento crítico, la metacognición y el pensamiento inferencial en estudiantes, esto se evidenció en proceso de ejecución y presentación de los proyectos.

En el modelo de enseñanza tradicional las estrategias evaluativas no son suficientes para verificar el desarrollo de algunas competencias, en especial de procesos cognitivos relacionados con lo procedimental y actitudinal. En este sentido se encontró que el CPBL es una estrategia de enseñanza-aprendizaje coherente con la propuesta de la institución de evaluación por competencias, en especial porque uno de los pilares de la institucional es el componente práctico y por lo tanto es muy conveniente continuar implementando dicha metodología. Además, porque así se forma al estudiante con una visión laboral, el CPBL permite desarrollar habilidades competitivas en el mundo laboral que con otras metodologías no se potencializan.

El rol que tiene el estudiante en un enfoque tradicional frecuentemente no asume actividades que favorezcan la metacognición y autonomía, mientras que en CPBL es indispensable el desarrollo de estas. Por lo anterior se considera recomendable la implementación de CPBL como estrategia pedagógica en Escuelas que utilicen el sistema de ciclos propedéuticos.

La implementación de CPBL en ETITC exige el desarrollo por parte del docente de procedimientos efectivos para orientar a los estudiantes, respondiendo: a las necesidades del aprendiz, al perfil de egresado que tiene la institución y a la evaluación por competencias. En este sentido se logró utilizar herramientas virtuales para mantener una comunicación oportuna y constante, lo que implicó un acompañamiento directo.

El nivel de conceptualización logrado por los estudiantes no es resultado que se esperaba, sin embargo, mejoró significativamente con relación a los resultados obtenidos en cursos orientados bajo un sistema mayoritariamente tradicional. Al utilizar problemas reales y analizar situaciones complejas los estudiantes dieron un significado a los conceptos abordados y fueron capaces de analizar los resultados obtenidos en los procesos de investigación que realizaron. Sin embargo, algunos de ellos

no lograron extrapolar este conocimiento para solucionar preguntas relacionadas con los casos usuales en las pruebas de medición. Coincidiendo con Almuñá, Zuza y Guisasaola (2016) si bien es cierto que el resultado no es totalmente satisfactorio, se logró que los estudiantes; explicaran el fenómeno en un modelo adecuado (se disminuye los modelos alternos utilizados), al responder utilizaron argumentos científicos, el número de respuestas en las que los estudiantes no tienen nociones o argumentos es menor.

Al probar diferentes estrategias para implementar CPBL en la ETITC, se reconoce el gran potencial que tiene el estudiante en términos de su capacidad de aplicar los conocimientos empíricos que posee por su situación de estudiante trabajador en desarrollo del proyecto. Los estudiantes presentaron proyectos que estaban relacionados con los conocimientos adquiridos en el sector industrial. En este sentido las dificultades que presentaron se relacionaron más con el análisis de datos. Para próximas implementaciones se profundizará en este aspecto.

Tracker y Arduino son herramientas que pueden permitir la recolección de datos en prácticas experimentales para la enseñanza aprendizaje de la cinemática. Sin embargo, el conocimiento adicional y el costo de la placa de Arduino, hace que el uso de tracker sea más sencillo para estudiantes de tercer semestre y viable para la implementación de la metodología. En ambos casos, Arduino y Tracker los estudiantes evidenciaron las dificultades que se presentan al diseñar montajes experimentales y en la recolección de datos, lo que promovió la solución de problemas e involucró el trabajo experimental, y en consecuencia desarrollar habilidades como: formular hipótesis, analizar fenómenos, inferir y elaborar conclusiones.

Realizar procesos de acompañamiento por expertos, como la propuesta implementada por [7] Barragués *et al.* (2014), podría mejorar los resultados obtenidos ya que permitiría la identificación de dificultades o errores cometidos en cuanto a la metodología de enseñanza-aprendizaje. Adicionalmente se sugiere el desarrollo de proyectos integradores con un acompañamiento de las directivas para lograr lo propuesto en [3] Shui-fong, *et al.* (2010): motivación y apoyo de la institución, es conveniente trabajar en equipo, de tal forma que exista una responsabilidad colectiva.

Un elemento importante en el proceso de aprendizaje es la capacidad de retención del conocimiento. La memoria se estructura en una secuencia de patrones de asociaciones, modelos mentales: esquemas robustos y coherentes, y modelos físicos: modelos basados en ideas físicas. Se considera que la aplicación de CPBL le permite al docente orientar mejor al estudiante, logrando que este cree modelos físicos mientras que en el caso de la enseñanza tradicional es difícil alcanzar este nivel.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central por el apoyo otorgado para la realización de este

trabajo. A Jefferson Sánchez Ducuara por las orientaciones metodológicas.

REFERENCIAS

- [1] Montañez, N., Barrera, O., *Fundamentos para el diseño de una guía que activa el pensamiento complejo*, (Letras Con Ciencia Tecnológica, Bogotá, 2015), pp.37 – 46.
- [2] Sharifah, R., Khairiyah, M., Haslenda, H. y Zainaura, Z., *Sustainability education for first year engineering students using cooperative problema based learning*. *Procedia – Social Behavioral Sciences* **56**, 52-58 (2012).
- [3] Lam, S. Cheng, R. W., Choy, H. C., *School support and teacher motivation to implement project-based learning*. *Learning and Instruction* **20**, 487-497 (2010).
- [4] Aliane, N., Bemposta, S., *Una Experiencia de Aprendizaje Basado en Proyectos en una Asignatura de Robótica*, *IEEE-RITA* **3**, No 2 (2008).
- [5] Marti, J., Heydrich, M., Rojas, M. y Hernandez, A., *Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación docente*. *REVISTA Universidad EAFIT* **46**, 11-21 (2010).
- [6] Labra, J. E., Fernández, D., Calvo, J. y Cernuda del Río, A., *Una Experiencia de aprendizaje basado en proyectos utilizando herramientas colaborativas de desarrollo de software libre*. Recuperado de <http://di002.edv.uniovi.es/~labra/FTP/Papers/LabraJenui06.pdf>.
- [7] Barragués, J., I., Garmendia, M., Zuza, K. y Guisasola, J., *Proyecto de formación del profesorado universitario de Ciencias, Matemáticas y Tecnología, en las metodologías de Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos*. *Enseñanza de las Ciencias* **32**, 113-129 (2014). Recuperado de <http://ensciencias.uab.es/article/view/v32-n2-garmendia-barragues-zuza-guisasola/pdf-es>.
- [8] Mora, C., Collazos, C., Otero, R. y Isaza, J., *Project based learning for electrostatics*, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **9**, 4405-1 – 4405-3. (2015). Recuperado de http://www.lajpe.org/dec15/07_Collazos.pdf.
- [9] Navarrete, L., Almaguer, J. F., Navarrete, F. y Flórez, M., *El análisis de video como alternativa para la integración de teoría y práctica en los cursos introductorios de Física*, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **9**, 3402-1 -3402-8 (2015).
- [10] Sart, G., *The effects of the development of metacognition on project-based learning*, *Procedia – Social Behavioral Sciences* **152**, 131-136 (2014).
- [11] Suarez, R. C., *El modelo recursivo de enseñanza de las ciencias (REC) para el aprendizaje de la velocidad terminal en estudiantes de ingeniería*, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **9**, 4401-1 - 4401-5. (2015). Recuperado de http://www.lajpe.org/dec15/03_Suarez.pdf.
- [12] Talero, P., Santana, F. y Mora, C., *La paradoja de Aquiles y la tortuga: una discusión pedagógica desde la interpretación gráfica y la serie geométrica*, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* **9**, 4302-1 - 4302-3 (2015). Recuperado De <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5514746>.