

El Aprendizaje Basado en Proyectos y la construcción de prototipos experimentales, un estudio de caso: el modelo de un reductor de velocidad



Soraida Zúñiga Martínez¹, Cesar Mora²

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Dr. Manuel Nava No.8, Col. Zona Universitaria Poniente, C. P. 78290, San Luis Potosí, S. L. P., México.

²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Legaria 694, Col. Irrigación, Del. Miguel Hidalgo, C. P. 11500, Ciudad de México.

E-mail: soraida_zuniga@hotmail.com

(Recibido el 8 de abril de 2016, aceptado el 10 de mayo de 2017)

Resumen

En este trabajo se presentan los resultados del uso de la metodología de enseñanza-aprendizaje denominada Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), mediante el diseño y construcción de prototipos experimentales que fue aplicada durante dos semestres (4 cursos) para estudiantes de varias carreras del área mecánica eléctrica. Para la realización de dichos prototipos se les pidió a los estudiantes que formaran grupos de trabajo para que diseñaran y construyeran un “reductor de velocidad”. Observamos como la estrategia empleada estimula, aumenta y desarrolla aprendizajes como la expresión oral y herramientas visuales, el ciclo experimental, la expresión escrita, la capacidad de emitir conclusiones, la capacidad de investigación acerca de temas y recursos necesarios en la implementación, pero sobre todo la de resolver problemas y de trabajar en equipo.

Palabras clave: Prototipos experimentales, reductores de velocidad, aprendizaje basado en proyectos.

Abstract

In this work we present the results for the use of the methodology named Project Based Learning (PBL), through the design and construction of experimental prototypes that was applied for two semesters (4 courses) on students of various carriers from the mechanical electrical area. For the realization of this prototypes the students were asked to design and develop a “speed reductor”. We observe how the strategy used stimulate, increase and develop learnings such as oral expression and visual tools, experimental cycle, written expression, the ability of making conclusion, investigation skills and team work.

Keywords: Experimental prototypes, speed reductor, Project Based Learning

PACS: 01.40.Fk, 01.40.-d, 01.20.+x

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Es reconocida la importancia del laboratorio en los diferentes niveles educativos, para el aprendizaje de los conceptos relacionados con la física, en donde en muchas ocasiones es el escenario donde el estudiante reafirma y profundiza muchos de los mismos, principalmente al verse en la necesidad de analizar una situación real y modelizarla a través de ecuaciones. Esto es todavía más relevante cuando hablamos de los cursos básicos de física o mecánica que se imparten para alumnos del área de ingeniería, en donde éstos se enfrentarán posteriormente a las aplicaciones propias y derivadas de las teorías físicas aprendidas, por lo que es sumamente necesario que se lleve a cabo la labor experimental, sin embargo cuando nos encontramos ante la

situación de que no exista un laboratorio instituido como tal, se puede echar mano de otros recursos para llevar a cabo la labor experimental, así como también desarrollar otros aprendizajes importantes para los estudiantes como lo son la expresión oral, escrita y gráfica. Éste trabajo presenta como implementar el aprendizaje basado en proyectos (ABP) y la construcción de prototipos para la enseñanza del movimiento rotacional a nivel de tiempo y percepción de conocimientos en estudiantes de ingeniería, los prototipos consisten de un reductor de velocidad, es decir de un arreglo de engranes acoplados que reducen la velocidad angular de la flecha de un motor eléctrico, dichos prototipos deberán asemejar a alguna pieza mecánica real o parte de ella.

II. LA ESTRATEGIA PEDAGÓGICA

La estrategia pedagógica se emplea durante 15 semanas, que es el tiempo que dura el curso o semestre, los estudiantes conforman equipos de 3 o 4 personas y se les da una breve introducción a la construcción de los prototipos. Cabe mencionar que los equipos de trabajo son multidisciplinarios ya que la materia en la cual se aplica la metodología forma parte de las materias de tronco común para diferentes carreras de ingenierías como los son mecatrónica, mecánico administrador, electricidad y automatización, etc. Por lo cual se busca que los equipos tengan diferentes perfiles académicos de manera tal que el aporte de cada individuo sea desde un marco de referencia diferente a los otros y exista una mayor riqueza de opiniones y conocimientos. Con lo cual la aplicación de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y la utilización de los prototipos experimentales cobra una relevancia aún mayor, y puede servir para aumentar la ganancia en el aprendizaje de los alumnos como se ha mostrado en algunos trabajos, entre los que destaca la Tesis Doctoral de C. Collazos [1], *Enseñanza de la dinámica rotacional por medio de la construcción de prototipos y el aprendizaje basado en proyectos*, en donde se hace uso de la misma metodología (ABP). El objetivo principal de la metodología es que los estudiantes realicen una validación teórico-experimental de los conceptos que han aprendido en el curso, mediante el diseño e implementación de sus prototipos (reductores de velocidad).

La estrategia utilizada tiene 3 grandes etapas, las cuales están distribuidas a lo largo de las 15 semanas de duración del semestre: 1) Propuestas de proyectos en la semana 2, 2) anteproyecto en la semana 10, y 3) Proyecto Final en la semana 14 y 15. La aplicación de la estrategia pedagógica es temporalmente paralela al desarrollo de curso, y no implica un gasto del tiempo propuesto para el desarrollo correcto del curso. La materia se desarrolla de manera normal y la evaluación de los proyectos se considera al final del curso como una evaluación parcial más dentro del mismo.

A. Población

La estrategia pedagógica (ABP) fue aplicada a 4 grupos experimentales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. La aplicación cubre dos periodos: semestre 1) agosto-noviembre de 2014, semestre 2) enero-mayo 2015, en cada semestre se usó la estrategia en dos grupos de alumnos (grupos experimentales). Cada grupo está integrado por entre 15 a 20 alumnos.

III. MARCO TEORICO. EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

En la vida siempre surgen problemas de todo tipo y en todo momento. Si hablamos del ámbito profesional y de trabajo estos problemas surgen día a día y es el trabajo específico

de algunos el resolverlos, como lo es en el área de Ingenierías. En una gran mayoría de las ocasiones, los problemas afectan a más de una persona o área, es por esto que en general, se busca resolver problemas en grupos, comunidad o sociedad. Mientras más preparadas estén las personas para trabajar juntas en aras de resolver una problemática, menor será la dificultad para encontrar una solución que sea beneficiosa para todos. Por lo tanto, una de las metas que debe tener la educación es enseñar a los estudiantes a resolver problemas de una manera crítica, creativa y colaborativa.

La utilización del enfoque del aprendizaje basado en problemas (ABP) busca ayudar a los estudiantes a desarrollar la habilidad de resolver problemáticas de una forma colaborativa, crítica y creativa en donde cada estudiante aprende de su compañero de estudio, conoce su perspectiva, juntos analizan las distintas propuestas y escogen la mejor solución. Con el ABP se consigue un entorno activo y colaborativo en donde el centro de atención gira alrededor de los estudiantes.

El ABP es una estrategia de enseñanza diferente a la tradicional, que promueve nuevas prácticas y hábitos de aprendizaje, haciendo hincapié en las habilidades de pensamiento creativo para ilustrar a los estudiantes de que hay muchas maneras de resolver un problema.

El ABP destaca las actividades de aprendizaje que son a largo plazo, interdisciplinarias y centradas en el estudiante. A diferencia de las actividades tradicionales, dirigidas por el maestro en el aula. Los estudiantes a menudo tienen que organizar su propio trabajo y gestionar su propio tiempo en una clase basada en proyectos. El ABP difiere de la instrucción tradicional por su énfasis en la construcción colaborativa de los alumnos para representar lo que se está aprendiendo.

Existe una creencia generalizada de que el objetivo final del ABP, es el resolver la problemática planteada. Pero según Molina *et al.* [2], la resolución del problema no es el objetivo final del ABP, sino que este solo se utiliza “como sustento de la identificación de los temas de aprendizaje, para su estudio de manera independiente o grupal”.

En forma similar, Knowlton y Sharp [3] señalan que existe evidencia práctica que da sostén a la relación directa entre el ABP y el aprendizaje acerca de la misma persona, logrando que el estudiante tenga la oportunidad de reconocer las diferencias entre sus creencias, decisiones y comportamientos, en comparación con la de sus compañeros. Los autores también destacan cómo el ABP logra desarrollar en los estudiantes la interacción social y cómo estos tienen la oportunidad de observarse a sí mismo, su forma de relacionarse y la forma en que son influenciados por los demás. Además, los autores señalan los conocimientos que adquieren los estudiantes sobre los distintos enfoques que utilizan al resolver problemas. Esto se logra a través de una actividad cognitiva (resolver problemas) y meta-cognitiva (su enfoque para resolver los problemas) a la vez y que los ayuda a plantearse preguntas respecto a su forma de desenvolverse como estudiante.

Estudios han demostrado que los estudiantes que logran resolver problemáticas que no fueron estructuradas

correctamente utilizan competencias de pensamiento crítico al analizar y sacar conclusiones de la información brindada [3].

La idea central del ABP, usando prototipos experimentales es captar el interés de los estudiantes y provocar una reflexión seria para adquirir y aplicar nuevos conocimientos en un contexto de resolución de problemas al implementar dichos prototipos, como lo muestra C. Collazos en [4, 5, 6, 7]. El profesor desempeña el papel de facilitador, trabajando con los estudiantes para enmarcar las preguntas que valen la pena, la estructuración de tareas significativas, tanto en el desarrollo del conocimiento y las habilidades sociales, además de evaluar cuidadosamente lo que los estudiantes han aprendido de la experiencia.

IV. CONSTRUCCION DE PROTOTIPOS USANDO REDUCTORES DE VELOCIDAD

El objetivo principal del diseño e implementación de los prototipos es hacer una validación teórico experimental de algunos de los conceptos básicos relacionados al tema de rotación del curso de mecánica B, que son estudiados dentro de la clase formal. Sin dejar de lado, las habilidades de trabajo en equipo, búsqueda de información, investigación y liderazgo. Se les pidió a los estudiantes que formaran grupos de trabajo para que diseñaran y construyeran un “reductor de velocidad” que es un arreglo de engranes cuya finalidad es la de hacer una disminución de la velocidad angular generada por la flecha de un motor eléctrico, es éste un dispositivo mecánico relevante y de gran importancia en las maquinas actuales, además de esto el prototipo debe asemejarse a una parte mecánica o máquina real.



FIGURA 1. Se muestran algunas imágenes de la implementación del prototipo “tazas locas” que usa un arreglo de engranes planetarios para simular un juego de feria, por algunos estudiantes que participaron en esta investigación.

En la figura 1, se muestran imágenes del prototipo tazas locas, que simula el juego de feria de las tazas giratorias, en el cual se usan engranes planetarios, es decir 4 engranes pequeños que giran alrededor de un engrane central, dichos engranes pequeños sirven como base para colocar cada una de las 4 tazas que giran de manera semejante a un sistema planetario. El equipo que realizó el prototipo estaba integrado por dos jóvenes de la carrera de Ingeniero Mecánico Administrador y dos de la carrera de Ingeniero Mecánico, éstos jóvenes tienen un buen perfil para la parte del diseño de piezas mecánicas, pero no tanto para la parte de electrónica o del control a distancia, por lo cual ellos decidieron hacer un arreglo de reductor de velocidad con engranes planetarios el cual es mecánicamente un poco más complejo, pero sin complicarse mucho con la parte electrónica o de automatización, ya que por sus perfiles académicos no son afines a esto. En cuanto al desarrollo de los aprendizajes, realizaron un muy buen trabajo en la parte de diseño y ensamblado el cual al ser un sistema de engranes planetarios es un poco más difícil de lograr que el sistema común de engranes lineales, administraron de manera excelente su tiempo de manera tal que el trabajo fue realizado en tiempo y forma acorde a su esquema de actividades propuesto al inicio, el prototipo era funcional y los detalles estéticos fueron muy bien logrados, todo esto es reflejo de una buena dinámica de trabajo en equipo y esfuerzo conjunto de todos sus miembros. Fue notable una evolución favorable en todos los criterios de evaluación usados durante la aplicación de la metodología para este equipo en particular.



FIGURA 2. Se muestran algunas imágenes de la implementación del prototipo “grúa viajera” por algunos estudiantes que participaron en esta investigación.

En la figura 2 se muestran imágenes del prototipo “grúa viajera” que es una grúa que se usa en las naves industriales para transportar materiales usando tres grados de libertad, éste se llevó a cabo por 3 estudiantes de Ingeniería en

Automatización y 1 alumno de Ingeniería en Mecatrónica por lo cual podemos afirmar que los alumnos tuvieron preferencia y afinidad por desarrollar también la parte del manejo a distancia del funcionamiento del prototipo mediante un control alámbrico, además del diseño mecánico de los engranes y del sistema de rieles para el movimiento en 3 dimensiones de la grúa. En cuanto al desarrollo de los aprendizajes, realizaron un excelente trabajo en la parte del control a distancia de su prototipo, mediante un control alámbrico que les permite manejar su grúa, el prototipo era funcional y estéticamente muy bien logrado, administraron de excelente manera su tiempo por lo cual el desarrollo de su prototipo fue fluyendo de acuerdo a su esquema de actividades propuesto al inicio con algunas leves modificaciones, la dinámica de su trabajo en equipo fue muy buena también y eso refleja en gran medida el logro satisfactorio del prototipo. Fue también notable una evolución favorable en todos los criterios de evaluación usados durante la aplicación de la metodología para este equipo en particular.

Se muestran también otras imágenes, figuras 3 y 4, en donde se observan otros dos ejemplos de equipos que desarrollaron sus prototipos experimentales mostrando un muy buen desempeño y una alta ganancia en los aprendizajes evaluados durante esta investigación.



FIGURA 3. Se muestran algunas imágenes de la implementación del prototipo “mini rueda de la fortuna” por algunos estudiantes que participaron en esta investigación.

Uno de los aspectos importante de este trabajo es el mostrar cómo se puede usar prototipos experimentales diferentes y adecuados a los conocimientos y habilidades de estudiantes de diferentes carreras del área mecánica eléctrica de la facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, con el fin de aplicar la estrategia pedagógica. Ya que cada prototipo es diferente, aunque todos tienen como base de funcionamiento el reductor de velocidad con su correspondiente juego de engranes que genera el

movimiento, por ejemplo, algunos prototipos que desarrollaron los alumnos fueron: tazas giratorias, rueda de la fortuna, elevador, puente levadizo, grúa viajera, etc. Debido a que los estudiantes son los que proponen su prototipo, su grado de motivación es generalmente alto, ya que son ellos mismos los que toman esta decisión y no el profesor. Se muestra entonces en este trabajo como aplicar la estrategia y como evaluarla usando diferentes prototipos (personalizados a los perfiles y características de los estudiantes) a través de la matriz de criterios de evaluación llamada EVA.



FIGURA 4. Se muestran algunas imágenes de la implementación del prototipo “Elevador” por algunos estudiantes que participaron en esta investigación.

Para la realización de los prototipos los estudiantes necesitarán de muchas herramientas extras, más allá de las herramientas conceptuales desarrolladas en el curso, requieren conocimientos de mecánica de materiales, de diseño de piezas mecánicas, de electricidad, electrónica y en general de diferentes áreas del conocimiento para resolver los problemas que surgen del diseño de su prototipo, es por esta razón también, que ellos mismos dependiendo de sus perfiles académicos (ya que se trabaja con alumnos de diferentes carreras como Ing. en mecatrónica, mecánica eléctrica, mecánico administrador, mecánico, automatización, etc.) deciden cómo será su prototipo y los materiales a usar (metal, mdf, madera, etc.), es decir los prototipos generados por cada equipo son personalizados a ellos mismos y diferentes a los de los demás. Cabe señalar que se hace la mención a los estudiantes de que sus propuestas, en la mayoría de las ocasiones, deberán ser mejoradas y sufrirán pequeños cambios o modificaciones durante el proceso de la implementación del mismo (lo cual es parte de la evolución de los mismos equipos y de su proyecto). La estrategia pedagógica usada (ABP) mediante el diseño e implementación de los prototipos experimentales (reductores de velocidad) es aplicada durante todo el semestre, sin embargo, lleva consigo 3 etapas muy

específicas que son: propuesta, anteproyecto y proyecto final.

TABLA I. Cronograma de actividades de la estrategia pedagógica durante el semestre (15 semanas).

Semana	Actividad
1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de la prueba conceptual de entrada, S_i • Exploración del tema “reductor de velocidad” y de los relacionados al prototipo
3	<ul style="list-style-type: none"> • Propuestas de prototipos • Presentación oral y escrita de prototipos I, evaluación por criterios EVA-1 • Revisión posterior de avances, cada dos semanas.
10	<ul style="list-style-type: none"> • Anteproyecto • Presentación oral y escrita de prototipos II, evaluación por criterios EVA-2
14 y 15	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto Final. • Presentación oral y escrita de prototipos III, evaluación por criterios EVA-3 • Aplicación de la prueba conceptual de salida, S_f

Durante la primera y segunda semana del curso se lleva a cabo la exploración del tema del reductor de velocidad, la cual sirve para ayudar y guiar a los estudiantes en sus propuestas de proyectos, así mismo durante la primera semana se aplica la prueba conceptual S_i .

En la semana 3, los alumnos hacen una breve presentación oral y por escrito, en donde nos presentan la propuesta de sus proyectos (prototipos) en la cual deberán describir lo más detalladamente posible:

- El funcionamiento del prototipo.
- Variables y constantes físicas.
- Materiales a usar.
- Dimensiones.
- Retos a definir e investigar dentro del mismo (manejo de herramientas, software y nuevos conocimientos).
- Estado del arte: conocimientos y habilidades particulares e individuales que puedan aportar al desarrollo del prototipo, si cuentan con algo de material también se debe mencionar.
- Cronograma de actividades.

Dicha presentación se evalúa con la Matriz de Criterios de evaluación de proyectos (Rúbrica) que es semejante en muchos aspectos a la utilizada por Collazos [1], la cual se denota como EVA-1.

Después se continua con el trabajo haciendo revisiones posteriores cada dos semanas (éstas no llevan presentación oral o escrita), con la finalidad de ir monitoreando el grado de avance en los prototipos e incluir sugerencias y retroalimentaciones del profesor.

En la semana 10 se presenta el Anteproyecto, se realiza una presentación oral y escrita, la cual se evalúa mediante la Matriz de Criterios de evaluación de proyectos (Rúbrica) , la cual se denota como EVA-2, que los estudiantes han conocido desde el comienzo de semestre. Considerando las retroalimentaciones del profesor y de los demás estudiantes,

los equipos continúan su trabajo. Al llegar esta etapa el prototipo debe estar ya terminado casi, solo con algunos detalles a solucionar. A cada equipo se le hacen observaciones acerca de las mediciones experimentales que se deben adicionar o mejorar, de acuerdo a cada uno de los prototipos presentados.

En la semana 14 y 15 se realiza la presentación final de los proyectos y prototipos en los cuales se les evalúa con la Matriz de Criterios de evaluación de proyectos (Rúbrica) EVA-3, para la presentación oral y el trabajo escrito. En esta etapa los prototipos finales deben estar terminados al 100% considerando que el prototipo sea totalmente funcional y habiendo superado los detalles técnicos, deberá cuidarse también de que sea estéticamente correcto. Dentro de las habilidades a desarrollar se encuentran las herramientas visuales por lo cual se les pide a los alumnos que hagan un video de la evolución y funcionamiento de su equipo el cual presentan como parte de su proyecto final. También dentro de la última semana se les aplica la prueba conceptual.

Por el momento no presentamos los resultados de las pruebas conceptuales S_i y S_f , ya que las herramientas que se utilizaron fueron dos test del área de cinemática y dinámica, que al ser test muy generales, no fueron adecuados al empleo de la estrategia pedagógica y los resultados de su aplicación no fueron concluyentes. Por lo cual se plantea como parte de la continuación de este trabajo el generar y validar un test conceptual adecuado.

V. EVALUACIÓN POR PROYECTOS

Para la evaluación por proyectos se utilizó una matriz de criterios de evaluación (rúbrica) y se estructuró de acuerdo a:

- EVA-1: Definición de la propuesta de proyectos mediante una presentación Oral y escrita I (semana 3). Valor 25%
- EVA-2: Anteproyecto: prototipo terminado, presentación oral y escrita II (semana 10). Valor 35%
- EVA-3: Proyecto Final: entrega de presentación Oral y Reporte Final escrito III (semana 14 y 15). Valor 40%

TABLA II. Criterios de evaluación utilizados en la matriz de criterios de evaluación (EVA-1, EVA-2 Y EVA-3) y su porcentaje sobre la calificación final. Para dichos criterios se establecen los niveles: no presenta, mínimo, en desarrollo, bueno y excelente.

<i>Criterios de evaluación</i>	<i>Porcentaje sobre la calificación final (100%)</i>
1.- Expresión oral y herramientas visuales	20
2.- Diseño e implementación del prototipo	40
3.- Ciclo experimental	20
4.- Expresión escrita	10
5.- Conclusiones y retroalimentación	10

Institucionalmente, el resultado de los proyectos correspondió al 20% de la nota final del curso, de acuerdo a las evaluaciones ponderadas (EVA-1, EVA-2 y EVA-3). Para cada una de las anteriores evaluaciones se manejaron los mismos criterios de evaluación y se buscó que los alumnos conceptualizaran sus proyectos alrededor del tema “movimiento rotacional” a través del dispositivo llamado Reductor de Velocidad. Las evaluaciones se califican sobre 100 puntos y los estudiantes pueden conocer con anticipación los criterios de evaluación en la Matriz de Criterios de evaluación de proyectos (Rúbrica). Los criterios de evaluación describen varios niveles de calidad: excelente, bueno, regular, malo y no presenta. El propósito de los criterios de evaluación es hacer una retroalimentación continua de los estudiantes para cada una de las actividades a desarrollar dentro de la estrategia didáctica, valorando el progreso de las mismas, también, los diferentes criterios sirven al profesor para llevar un registro y constancia detallada de lo que los estudiantes están realizando. Mediante el manejo de estas matrices los estudiantes orientan su trabajo más eficientemente y ayuda a los profesores a justificar las notas dadas a los estudiantes de manera más objetiva. Se observó que los alumnos desarrollaban varios aprendizajes, como los relacionados con la expresión oral, escrita, gráfica, de investigación y sobre todo de trabajo en equipos.

VI. RESULTADOS EVALUACION POR PROYECTOS

Usando como base los resultados obtenidos de las evaluaciones EVA-1, EVA-2, EVA-3 para los 4 grupos experimentales analizados en dos semestres, se procedió a determinar las ganancias entre cada una de las evaluaciones. Es importante mencionar que, aunque cada equipo de trabajo dentro de cada uno de los grupos experimentales desarrolló prototipos diferentes, los criterios de evaluación miden de manera similar para cada una de las evaluaciones el desempeño de los estudiantes.

Las ganancias del aprendizaje entre las evaluaciones inicial y final (EVA-1 y EVA-3) son obtenidas mediante el Factor Normalizado de Hake (g):

$$g = \frac{(\%EVA-3) - (\%EVA-1)}{100 - (\%EVA-1)}$$

De la tabla III, podemos observar que para el grupo 1 del semestre 1, se ha obtenido una ganancia de 0.69 ± 0.18 la cual se puede considerar como una ganancia alta, ya que está a 0.1 del valor de 0.7 (considerado como ganancia alta). Para el grupo 2 del semestre 1, se obtiene una ganancia 0.69 ± 0.18 la cual es considerada una ganancia alta también. Para grupo 1 del semestre 2 se obtienen una ganancia de 0.79 ± 0.19 la cual es considerada una ganancia alta. Por último, para el grupo 2 del semestre 2, se obtiene una ganancia de 0.61 ± 0.12 la cual es considerada una ganancia media, pero cercana a la alta (0.7). De manera

general el promedio consolidado de la ganancia de los 4 grupos es de 0.70 ± 0.07 , la cual es considerada como una ganancia Alta, con lo cual podemos decir que los alumnos logran un significativo avance en el desarrollo y mejora de los 5 criterios de manera general y para todos los grupos.

A. Ganancia en los criterios para cada grupo

TABLA III. Ganancia en los criterios para los 4 grupos experimentales, considerando EVA-1 y EVA-3.

Semestre, Grupo	EVA-1	EVA-3	Ganancia “g”
Semestre1, Grupo 1	44.38	82.75	0.69 ± 0.18
Semestre 1, Grupo 2	46	83	0.69 ± 0.18
Semestre 2, Grupo 1	37.5	86.67	0.79 ± 0.19
Semestre 2, Grupo 2	42.5	77.5	0.61 ± 0.12
Promedio Consolidado	42.60 ± 3.69	82.48 ± 3.77	0.70 ± 0.07

B. Ganancia en cada criterio por grupos

TABLA IV. Ganancias por criterio de evaluación para cada uno de los grupos experimentales y en promedio, considerando EVA-1 y EVA-3.

CRITERIOS/ganancias "g"	Grupo 1, semestre 1	Grupo 2, semestre 1	Grupo 1, semestre 2	Grupo 2, semestre 2	Promedio General
1. Expresión Oral y herramientas visuales	0.67 ± 0.24	0.77 ± 0.32	0.94 ± 0.14	0.79 ± 0.25	0.79 ± 0.11
2. Diseño e implementación del prototipo	0.46 ± 0.08	0.73 ± 0.25	0.69 ± 0.27	0.58 ± 0.42	0.62 ± 0.12
3. Ciclo Experimental	0.58 ± 0.29	0.57 ± 0.09	0.83 ± 0.28	0.46 ± 0.08	0.61 ± 0.16
4. Expresión escrita	0.88 ± 0.25	0.7 ± 0.27	0.67 ± 0.52	0.25 ± 0.5	0.63 ± 0.27
5. Conclusiones y retroalimentación	0.88 ± 0.25	0.7 ± 0.27	0.92 ± 0.20	0.92 ± 0.17	0.86 ± 0.11

De acuerdo a la tabla IV, y en promedio para los 4 grupos experimentales, para el criterio 1 (expresión oral y herramientas visuales) se obtiene un valor de (0.79 ± 0.11) el cual se ubica en el nivel de ganancia alto, con lo cual podemos afirmar que los estudiantes tienen un avance significativo en sus habilidades de expresión oral y en el

uso de las herramientas visuales durante las exposiciones de sus prototipos. Para el criterio 2 (diseño e implementación del prototipo) se obtiene una ganancia de (0.62 ± 0.12) la cual se ubica en el nivel de ganancia medio, pero cercano al alto (0.7), lo cual significa que los alumnos progresaron satisfactoriamente en la implementación del prototipo, alcanzando logros significativos y buenos proyectos; sin embargo es necesario hacer notar que éste es el criterio más importante, más difícil de evaluar y con mayor valor porcentual (40% de la calificación total de 100% de todos los criterios), debido a que los alumnos diseñan e implementan un prototipo totalmente personalizado a sus habilidades, conocimientos y perfiles académicos, por lo cual el lograr un prototipo excelente implica un gran esfuerzo común del equipo; es también el rubro más difícil de evaluar de manera objetiva ya que cada prototipo es diferente en forma, materiales, composición, etc. Para el criterio 3 (ciclo experimental) se obtiene una ganancia de (0.61 ± 0.16) la cual se ubica en el nivel de ganancia medio pero cercano al alto, con lo cual podemos afirmar que los alumnos desarrollan al final buenas capacidades usando el método experimental en sus prototipos (predicción, observación y análisis) y mejoran la manera en la que lo hacían al principio. Para el criterio 4 (Expresión escrita) se obtiene una ganancia de (0.63 ± 0.27) la cual se ubica en el nivel de ganancia medio, pero es cercano al alto (0.7), lo cual significa que los alumnos mejoraron sus habilidades de escritura en sus reportes, y son capaces de expresar mejor por escrito la evolución y análisis de sus proyectos. Para el criterio 5 (Conclusiones y retroalimentación) se obtiene una ganancia de (0.86 ± 0.11) la cual se ubica en el nivel de ganancia alta, lo cual significa que los alumnos en general tomaron muy en cuenta las retroalimentaciones del profesor y de los demás estudiantes, también que identificaron correctamente las debilidades y fortalezas de sus proyectos y que lograron salir adelante a pesar de los múltiples problemas presentados.

VII. CONCLUSIONES

La estrategia pedagógica del Aprendizaje Basado en Proyectos, la cual usamos durante esta investigación mediante el diseño e implementación de prototipos experimentales (reductores de velocidad) es una pionera en la aplicación de metodologías de enseñanza-aprendizaje no tradicionales para las diferentes carreras de la Facultad de Ingeniería de Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Ya que de manera general el proceso de enseñanza-aprendizaje se lleva a cabo de la manera tradicional (IT) con clases expositivas-demostrativas y un rol pasivo del estudiante, por lo cual éste trabajo de investigación sirve también como un antecedente y evidencia para la comunidad escolar de la facultad para la futura aplicación de la misma metodología de enseñanza aprendizaje y para otras diferentes.

De acuerdo a los resultados presentados se observan cambios significativos entre las evaluaciones (EVA-1 y

EVA-3) aplicadas al principio y final de la estrategia pedagógica (propuesta y proyecto final) a nivel de los criterios: expresión oral y herramientas visuales, diseño e implementación del prototipo, ciclo experimental, expresión escrita y retroalimentación & conclusiones. La mejora significativa entre dichas evaluaciones es calculada mediante el Factor de ganancia de Hake "g" en el cual se obtuvo una ganancia promedio de los 4 grupos experimentales de 0.70, la cual es considerada en el rango de una ganancia alta. De esta manera se comprueba la hipótesis acerca de que el ABP genera aprendizaje en diferentes criterios como de expresión oral, escrita, habilidades experimentales y sobre todo trabajo en equipo.

Podemos afirmar que la Matriz de criterios de evaluación sirve de manera adecuada para evaluar los diferentes prototipos experimentales, a pesar de son diferentes entre sí, (pero todos siguen dentro de la temática de un reductor de velocidad) y ofrece una manera objetiva y metodológica de evaluar dichos prototipos y justifican las notas numéricas finales. Debido a que los equipos de estudiantes son los que proponen el tipo de prototipo que desarrollarán el grado de motivación en ellos es alto y los resultados son altamente satisfactorios, como se demuestra a través de las ganancias en los criterios de evaluación. Queda como trabajo próximo el diseño y validación del test conceptual para determinar la ganancia en el aprendizaje conceptual de los estudiantes ante el empleo de la metodología.

VIII. REFERENCIAS

- [1] Collazos, C. A., *Enseñanza de la dinámica rotacional por medio de la construcción de prototipos y el aprendizaje basado en proyectos*, Tesis de doctorado en Física Educativa. CICATA Instituto Politécnico Nacional. México, (2012).
- [2] Molina, J. A., García, A., Pedraz, M. y Antón, M. V., *Aprendizaje basado en problemas: Una alternativa al método tradicional*, Revista de la Red Estatal de Docencia Universitaria **3**, 79 – 85 (2003).
- [3] Knowlton, D. S. y Sharp, D. C., *Problem-based learning in the information age*, (Jossey-Bass, San Francisco, CA, 2003).
- [4] Collazos, C. A., *Prototipo para la Enseñanza de la dinámica rotacional (conservación del momento angular)*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 446-448 (2009).
- [5] Collazos, C. A., *Prototipo para la Enseñanza de la dinámica rotacional (Momento de Inercia y teorema de ejes paralelos)*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 619-624 (2009).
- [6] Collazos, C. A., *Construcción de un prototipo para experimentos de Mécanica*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **4**, Suppl. 1, 840-843 (2010).
- [7] Collazos, C. A. y Mora C. E., *Prototipo para medir Fuerza Centrípeta en función de masa, radio y periodo*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **5**, 520-525 (2011).