

# Aprendizaje Basado en Proyectos, una estrategia para abordar el concepto de campo magnético y su aplicación en el funcionamiento del motor eléctrico



**Jorge Olguín García<sup>1</sup>, César Mora<sup>2</sup>, Luis G. Cabral-Rosetti<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Colegio de Bachilleres del Estado de Querétaro, plantel 19, Esquina Valle Dorado y Valle de Querétaro s/n. Colonia Valle Dorado, CP 76804, San Juan del Río Querétaro.*

<sup>2</sup>*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Legaria del Instituto Politécnica Nacional, Calzada Legaria 694, Col. Irrigación, C. P. 11500 Ciudad de México.*

<sup>3</sup>*Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Enseñanza Técnica CIIDET, Depto. de Postgrado, Av Universidad 282, Centro, C. P. 76000, Santiago de Querétaro, Querétaro.*

**E-mail:** jorgeog@e.cobaq.edu.mx

(Recibido el 13 de febrero de 2018, aceptado el 27 de agosto de 2018)

## Resumen

En el presente trabajo se muestran resultados de aprendizaje por proyectos para el tema de explicación del funcionamiento de un motor eléctrico usando los conocimientos intuitivos de campos, producto cruz y torca, viendo a la corriente eléctrica como cargas en movimiento. Es una propuesta para que los estudiantes se expliquen el funcionamiento de un motor eléctrico a partir de campos magnéticos y su interacción con las partículas cargadas, para ello se utilizan dos estrategias de enseñanza: la primera proponiendo el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y la otra como estrategia tradicional: expositiva y por objetivos. Se trabajó con dos grupos testigo (enseñanza tradicional) y dos grupos con ABP en dos turnos.

**Palabras clave:** Funcionamiento del motor eléctrico, producto cruz, Fuerza de Lorentz, regla de la mano derecha, Aprendizaje basado en proyectos.

## Abstract

This paper show the product for learning by projects in the topic explained like operate the electric motor using the intuitive knowledge of fields, cross product and torque, and effect over moving charges. It is an approach to students, who explain themselves the operation of an electric motor from magnetic fields and their interaction with charged particles, In this work two strategies to teach are used: Project-Based Learning (PBL) and the other hand a traditional strategy: expository and by objectives. We worked with two control groups (traditional teaching) and two groups with ABP in two shifts (morning and afternoon).

**Keywords:** Operation of electric motor, cross product, Lorentz's force, rule of the right hand, Project-Based Learning (PBL)

**PACS:** 01.40.Fk, 01.90.+g, 03.65.-w

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

En los programas de estudio de educación media superior en México, en la asignatura de Física II, esta indicado el estudio de la electricidad y magnetismo, además de campos eléctricos y magnéticos como temas accesorios o secundarios que no impactan fuertemente en la explicación de fenómenos electromagnéticos SEP [1]. Sin embargo uno de los propósitos, del programa de estudios, está encaminado a la explicación del funcionamiento de un motor y un generador de corriente eléctrica.

Con ello en mente, es interesante preguntarse desde el punto de vista didáctico ¿qué estrategia didáctica sería más eficaz para que el alumno maneje ese tema?

La pregunta que detona la investigación es ¿cuál es la diferencia en la explicación del funcionamiento de un motor usando la idea de campos, entre el aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje tradicional?

El trabajo se estructura de la siguiente manera, en la parte II se hace pequeña explicación del ABP; en la sección III se realiza una breve descripción del contenido trabajado en clases, apoyándose completamente en Serway [2]; en la parte IV se dan la logística del proyecto desarrollado por los estudiantes; en la sección V se plantea el trabajo a los estudiantes, la sección VI se da un breve resumen sobre cómo se desarrolló el test y sobre el tamaño meta-análisis, finalmente las partes VII y VIII se dan los resultados y las conclusiones.

## II. APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

Según la real academia de la lengua española (Real Academia de la Lengua Española), la palabra *proyecto* viene del latín *proiectus* ‘proyectado’ y en su acepción 2 marca: “Planta y disposición que se forma para la realización de un tratado, o para la ejecución de algo de importancia” para Díaz Barriga [3], en el ámbito de la enseñanza un buen proyecto se “tiene que referir a un conjunto de actividades concretas, interrelacionadas y coordinadas entre sí, que se realizan con el fin de resolver un problema, producir algo o satisfacer alguna necesidad” [3]. Consultando la página electrónica de eduteka, encontramos que:

«El aprendizaje basado en proyectos (ABP), es un método integral que implica un trabajo retador y complejo, que da la oportunidad de movilizar conocimientos interdisciplinarios, permite que los alumnos se centren en sus áreas de interés y a partir de ahí construyan soluciones» [4].

El Aprendizaje por proyectos es un método de enseñanza nacido en la Italia del renacimiento y que a partir de principios del siglo XX revive con Dewey y Kilpatrick. Este método que tuvo un fuerte desarrollo en los 60s y 70s y en la actualidad ha cobrado relevancia importante en el ámbito educativo [4].

Son muchas las ventajas reportadas por diversos estudios educativos, entre los que destacan: la utilidad para preparar al estudiante para el trabajo; la posibilidad de que los estudiantes encuentren conexiones interdisciplinarias; permite mayor motivación de los estudiantes; permite que los estudiantes movilicen conocimientos para el proyecto. Promueve el aprendizaje de nuevas habilidades [4].

El ABP da la posibilidad de motivar los estudiantes, pues toma en cuenta los estilos de aprendizaje de cada estudiante y las estrategias relacionados con su cultura. El método implica un acompañamiento cercano del docente, quien anima, guía y alienta a los estudiantes en la consecución de resultados [4].

Por otro lado, dentro de la educación media superior, en los programas de Física II, se busca que los alumnos adquieran competencias genéricas y disciplinares, en relación con las disciplinares para este trabajo destacan las siguientes:

1. Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.
2. Contrasta los resultados obtenidos en una investigación o experimento con hipótesis previas y comunica sus conclusiones.
3. Diseña modelos o prototipos para resolver problemas, satisfacer necesidades o [explicar fenómenos] SEP [1].

Dentro del bloque IV del programa de Física II de la Dirección General de Bachillerato, se pretende fomentar entre otras la competencia:

“Diseña prototipos para señalar las partes y funcionamiento de un motor” [1].

Para llevar a fomentar en el alumno las competencias mencionadas se propone que el alumno se explique el funcionamiento de un motor a partir de las ideas intuitivas de

Faraday, la Fuerza de Lorentz, campos magnéticos, producto cruz y torcas.

## III ASPECTOS TEORICOS CONSIDERADOS DURANTE LAS CLASES

Después de abordar los conceptos de ley de Coulomb, campo eléctrico, potencial eléctrico, corriente eléctrica etc., se abordan los siguientes que son un resumen de [2]:

### A. Producto cruz

El producto cruz o producto vectorial de dos vectores  $\vec{a}$  y  $\vec{b}$  es el vector  $\vec{c}$  determinado por la expresión

$$c = a b \text{ sen } \theta \cdot \hat{n}, \quad (1)$$

En donde  $a$  y  $b$  son los módulos de los vectores que se multiplican,  $\theta$  el ángulo entre ellos y  $\hat{n}$  es el vector normal al plano que forman los vectores, de acuerdo a la regla de la mano derecha. Dicha regla consiste en simular el movimiento de una puerta usando como eje de giro al dedo pulgar: inicialmente se señala con los dedos opuestos al pulgar la dirección del primer vector y después se giran en dirección del segundo vector, de modo que se realice el recorrido más corto, ver figura 1.

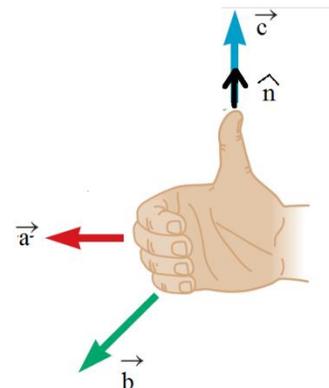


Figura 1. Regla de la mano derecha [2].

### B. Campos magnéticos

«Un “campo” es toda cantidad física que toma un valor diferente en cada punto del espacio» [5]. En particular, la presencia de una carga en reposo hace que varíen las propiedades del espacio, mismas que pueden ser detectadas colocando ahí una carga de prueba. Es decir, la carga produce un campo eléctrico. Por otro lado un campo magnético se manifiesta cuando hay una carga en movimiento [6]. Las líneas del campo magnético pueden imaginarse como las líneas formadas por pequeñas brújulas colocadas en las cercanías de un imán o una corriente eléctrica, cómo en la Figura 2.

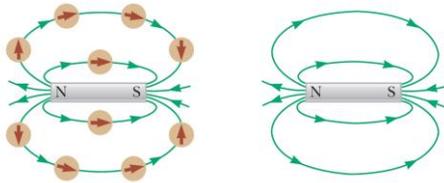


Figura 2. Líneas de campo magnético para un imán de barra, indicados por la aguja de una brújula (izquierda) y el trazo únicamente (derecha).

### C. Fuerza de Lorentz

Una partícula cargada  $q$  se mueve con una velocidad  $\vec{v}$  dentro de un campo magnético  $\vec{B}$  por ese hecho sentiría una fuerza  $\vec{F}$ , llamada Fuerza de Lorentz, que en su forma escalar es:

$$F = qvB \text{ sen } \theta. \quad (2)$$

Donde  $\theta$  es el ángulo que se forma entre el campo magnético  $\vec{B}$  y la velocidad  $\vec{v}$ , esquemáticamente se puede representar como se muestra en la Figura 3, en donde se puede apreciar que los vectores  $\vec{B}$  y  $\vec{v}$  forman un plano perpendicular a la fuerza  $\vec{F}$ .

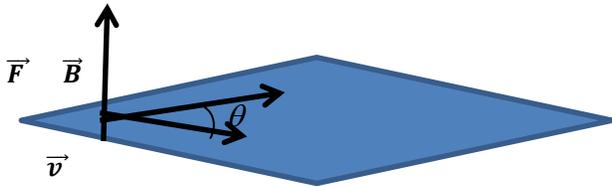


Figura 3. Representación de tres vectores en el espacio.

La expresión (2) se representa vectorialmente como:

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B}. \quad (2a)$$

Y las direcciones de los vectores se encuentran de acuerdo a la regla de la mano derecha, según la cual el dedo índice apuntaría en la dirección de  $v$ , el dedo cordial en la dirección de  $B$  y el pulgar indicaría la dirección de la fuerza, como se ve en la Figura 4.

Si por un alambre circulan cargas  $q$  con una velocidad con módulo  $v$ , tomando en cuenta que  $v = \frac{l}{t}$  donde el denominador es la distancia de un alambre, entonces la expresión  $qv$  puede sustituirse por  $q \frac{l}{t}$ , y finalmente por  $I \frac{q}{t}$ . Observando que el segundo factor es la definición de corriente se concluye que  $qv = Il$ , por lo que la expresión (2) se puede re-escribir como

$$F = IlB \text{ sen } \theta \quad (2 \text{ bis})$$

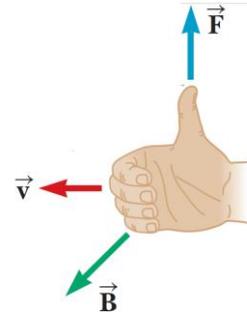


Figura 4. Regla de la mano derecha con los vectores velocidad campo y fuerza.

En el caso vectorial  $\vec{l}$  hereda la dirección de la velocidad  $\vec{v}$ . **Funcionamiento del motor eléctrico.** El funcionamiento de un motor puede explicarse tomando como base el modelo de campos propuesto por Faraday, de la siguiente manera:

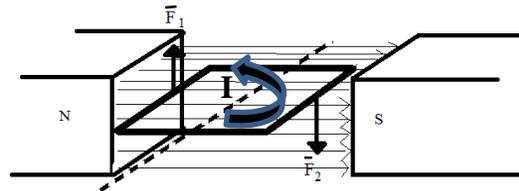
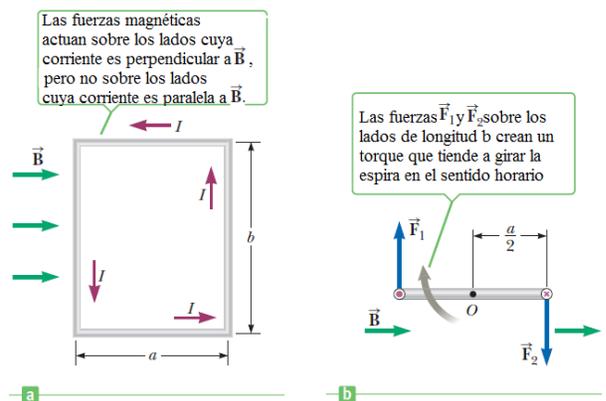
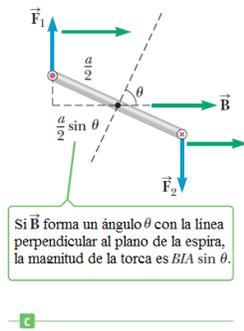


Figura 5. Una espira por la cual circula corriente inmersa en un campo magnético.

En la Figura 5 se muestran los dos extremos de un imán marcando sus polos con N y S, entre ellos hay un campo magnético homogéneo  $\vec{B}$ .

Se coloca una espira rectangular inmersa en el campo y luego se hace pasar por ella una corriente eléctrica  $I$  en el sentido que marca la flecha curva, además la espira tiene un eje de giro, indicado con la línea punteada. Las Figuras 6a, 6b y 6c, muestran la vista desde diferentes ángulos del esquema de la Figura 5.





**Figura 6.** 6a muestra el mismo esquema de la figura 5 pero vista desde arriba, 6b y 6c la misma imagen ahora vista de perfil, en la segunda la espira ha girado un ángulo  $\frac{\pi}{2} - \theta$ .

Siguiendo el razonamiento expuesto por [2], las fuerzas a sobre la corriente que se mueve por los lados que de ancho  $a$  son cero porque la corriente en esos lados y el campo magnético son paralelos. Para el caso de los lados de largo  $b$ , la corriente es perpendicular al campo magnético y hay dos fuerzas,  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$  del mismo tamaño en módulo pero de signo opuesto, las magnitudes de esas fuerzas son:

$$F_1 = F_2 = Blb$$

La fuerza  $\vec{F}_1$  está dirigida hacia el lector y  $\vec{F}_2$  hacia atrás de la página en la Figura 6a. La Figura 6b muestra las mismas fuerzas viendo la espira de perfil, en esta figura se muestra que las fuerzas crean una torca que obliga a girar a la espira, el módulo de la torca  $\tau$  es

$$\frac{F_1 a}{2} + \frac{F_2 a}{2} = Blba. \quad (3)$$

Cuando hay un cierto giro (Figura 6c) aparecen dos fuerzas iguales y opuestas generados por la corriente que circula por la parte  $b$  de la espira, una sale de la hoja hacia el lector y la otra entra hacia la hoja, ambas fuerzas se cancelan vectorialmente. Mientras que las fuerzas  $\vec{F}_1$  y  $\vec{F}_2$  ahora tienen un módulo

$$F_1 = F_2 = Blb \sin \theta,$$

y el módulo de su torca  $\tau$  ahora es

$$\frac{F_1 a \sin \theta}{2} + \frac{F_2 a \sin \theta}{2} = Blb a \sin \theta,$$

o bien, haciendo  $A = ba$

$$\tau = BlA \sin \theta.$$

Para  $N$  espiras, habrá una contribución a la torca por cada espira y la torca total será:

$$\tau = BNlA \sin \theta. \quad (4)$$

La cantidad  $nIA$ , está definida como la magnitud del vector  $\vec{\mu}$ , llamado momento magnético, está dirigido perpendicularmente al plano de la espira y siguiendo la regla de la mano derecha, donde los dedos opuestos al pulgar siguen la dirección de la corriente y el pulgar indica la dirección de  $\vec{\mu}$  [2].

#### IV DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

De la literatura recomendada en los programas de la DGB indicada como *básica*, no hay una explicación detallada del funcionamiento del motor, por ello se propone una pregunta de investigación:

¿Los alumnos serán capaces de aprovechar los conocimientos intuitivos del campo magnético, el producto cruz y torca, para explicar el funcionamiento del motor eléctrico?

En el presente trabajo se buscó en comparar dos estrategias de enseñanza para el mismo tema: *La explicación del funcionamiento del motor eléctrico*. Para ello se trabajó con cuatro grupos de la siguiente manera:

- Dos grupos del turno vespertino, uno de ellos como grupo testigo (grupo 407) y el otro con la estrategia “aprendizaje basado en proyectos” en donde se involucran las materias de Física II y de Matemáticas IV (grupo 408), un tercer grupo del mismo turno sirve para validar test y lleva un curso similar al grupo testigo (grupo 409).
- Dos grupos del turno matutino, uno de ellos como grupo testigo (404) y el otro con la estrategia “aprendizaje basado en proyectos” (406), en donde se involucran las materias de Física II, Matemáticas IV.

Las actividades se realizaron usando una hora diaria durante 45 clases. Para el caso del grupo testigo se trabajó con clases magistrales y solución de problemas de los libros de texto con realimentación continua. Para el caso del grupo con aprendizaje por proyectos se realizó el proyecto *construye una conferencia*, la conferencia está pensada para alumnos de secundaria y se le explicaría el funcionamiento del motor eléctrico. Durante el desarrollo del proyecto se invirtió un día a la semana de trabajo por equipos (20% de los 45 días), realimentado y asesorado por el docente. Hay un vínculo por medio de correo electrónico, *Facebook* y *Whatsapp*, para dudas y asesorías. Simultáneamente hicieron un grupo de *Whatsapp*, para cada equipo.

#### V DETALLES SOBRE EL PROYECTO DE LOS ALUMNOS

El planteamiento del proyecto se logró mediante convencimiento del docente y con algunos consensos. El alumno organizara el material para una posible conferencia a alumnos de nivel básico para la comprensión del funcionamiento del motor eléctrico. Las especificaciones se dan en la Tabla I:

**TABLA I.** Planteamiento del proyecto.

Situación problema:	o ¿Puede darse un espectáculo científico que mantenga atenta a la concurrencia y enseñarle cómo funciona el motor eléctrico? ¿Cómo explicar el funcionamiento de un motor eléctrico a un público en general? Sin que se aburra, con claridad y con elementos de la teoría electromagnética.
Descripción o propósito:	o Dar una conferencia-espectáculo de cómo y por qué funciona un motor eléctrico, utilizando recursos necesarios para mantener todo el tiempo la atención del público.
Especificaciones del proyecto:	El proyecto consiste en preparar una conferencia en donde se explique el funcionamiento de un motor a partir de líneas de campos electromagnéticos y la fuerza de Lorentz, para ello se deben abordar los siguientes temas: 1) electrostática; 2) ley de Coulomb; 3) Corriente eléctrica; 4) líneas de campo magnético y 5) Fuerza de Lorentz. Deben buscar que el auditorio use al menos tres sentidos (vista, oído y otro), para entender la conferencia.

Edición de video de una práctica de la visualización de campos eléctricos con semillas de pasto y dar música y formato adecuado	Movie Maker
Dibujo de líneas de campo gravitacional (power point)	PowerPoint
Dibujo de equipotenciales en la presencia de una carga (En Power Point)	PowerPoint
Gráfica de Potencial eléctrico en Excel u otro programa en presencia de una carga.	PowerPoint Excel Geogebra
Construcción de una secuencia de imágenes para exponer cómo funciona una pila para generar una corriente eléctrica.	Movie Maker
Dibujar las líneas de campo alrededor de un imán de barra y se comparan con una práctica	Power Point
El alumno esquematiza la “regla de la mano derecha” Mediante una animación	Imágenes de internet Power point
Se edita la práctica de la fuerza de Lorentz (Se hace pasar corriente por un líquido conductor en presencia de un campo magnético, el movimiento del líquido se evidencia con semillas de modo que se puede apreciar la fuerza de Lorentz)	Movie Maker

De acuerdo a la Tabla I, las especificaciones se dan para que los alumnos de bachillerato den la conferencia a alumnos de alguna secundaria cercana.

Los alumnos de tres grupos han mostrado un involucramiento con la materia de Física a lo largo de 9 meses, el cuarto grupo trabaja con el docente desde tres mesas atrás.

Para los grupos que trabajan el proyecto, se negocia la realización de equipos de trabajo de acuerdo a sus intereses pero buscando que estén académicamente balanceados. En cada equipo se asignan roles de trabajo y compromisos para trabajar el proyecto.

A lo largo de las clases se dejan *pequeños proyectos*, que serán parte del proyecto general. Los pequeños proyectos se indican en la Tabla II. El proyecto final consistió en organizar el material obtenido para la presentación y hacer ajustes correspondientes.

**TABLA II.** Tareas específicas para que el estudiante organice su conferencia.

Pequeño proyecto	Producto en el software:
Definir con una imagen “carga eléctrica”	PowerPoint
Matemáticas Tabulación y la gráfica de la función $F(r) = \frac{kQq}{r^2}$ , con $kQq = 1$ Informática: Tabulación, gráfica e interpretación en una lámina de Power Point (usar Excel)	PowerPoint Excel Geogebra
Matemáticas e Informática: Dibujo de la gráfica del campo eléctrico y su dibujo del mismo campo con flechas en torno a una carga Q en una lámina de Power point.	PowerPoint Paint

## VI SOBRE EL TEST Y EL META ANÁLISIS

### A. Test

Se realizó un test que se aplicó al término de la actividad En el test se consideraron 3 ítems para cada uno de los siguientes temas: a) Ley de Coulomb; b) Campo eléctrico; c) Funcionamiento de una pila; d) Campo magnético y fuerza de Lorentz. El test consiste en 18 preguntas de las cuales sólo se usan 15: tres de cada tema indicado.

El test se obtuvo a partir de una selección de ítems de [7] y otras de [8].

Se consultó con dos docentes, uno del plantel y otro de un plantel vecino, sobre el tipo de preguntas del test y se hicieron leves modificaciones. Se aplicó el test a un quinto grupo con el fin de probarlo y a partir de ahí se hicieron nuevas modificaciones.

### B. Tamaño del efecto

Suponiendo que se analiza un tratamiento A diferente a un tratamiento B que se ha usado comúnmente y se desea saber cuál es la diferencia entre los dos tratamientos desde el punto de vista estadístico, entonces se define el Tamaño del efecto como

«El grado de generalidad que posee esa superioridad de A sobre B en la población en la que se obtuvo la muestra estudiada [...], la diferencia entre un tratamiento nuevo A y uno clásico B. Si A es realmente mejor que B, interesa saber en qué medida se espera este fenómeno en la población. No es suficiente saber que la mejoría media lograda con A es mayor que la mejoría media lograda con B [...]. Se necesita saber [...] hasta dónde se puede generalizar este hallazgo» [9].

Hay tres procedimientos para calcular el tamaño del efecto: la *Delta* de Glass, la *d* de Cohen y la *g* de Hedges, cuyas expresiones son respectivamente:

$$\Delta = \frac{\mu_e - \mu_c}{\sigma_c}, \quad (5)$$

$$g = \frac{\mu_e - \mu_c}{\sigma_g}, \quad (6)$$

$$d = \frac{\mu_e - \mu_c}{\sigma_{cohen}}. \quad (7)$$

En donde las diferencias algebraicas radican en la varianza usada, en el primer caso es la del grupo de control en el segundo y tercer caso son una varianza combinada.

En [10] se muestra la tabla III para trabajar con la *d* de Cohen e interpretarla, de acuerdo a los resultados que sean obtenidos.

Para interpretar, por ejemplo la *r* de la tabla, ésta representa la diferencia porcentual entre ambos grupos después de un umbral, por ejemplo si el umbral es rebasado por un grupo testigo en un 45% y la ME=0.2, entonces en la tabla se observa que *r* = 0.10, la diferencia entre los que alcanzan el umbral del grupo testigo y el grupo de prueba es de 10%, por lo tanto si el grupo de prueba rebasa ese umbral en un 55% el grupo testigo lo hace en un 45%.

De acuerdo a [10] otra forma de interpretar el tamaño del efecto, consiste en compararlo con algo más familiar y menciona como ejemplo el trabajo de Cohen [9] en donde «describe un ME de 0.2 como *pequeño* y lo ilustra con un ejemplo: la diferencia de los pesos de adolescentes de 15 y 16 años de edad en EE UU corresponde a un efecto de ese tamaño» Describe *medio* ME = 0.5 y es tan grande como para ser visto a simple vista. Por ejemplo los pesos entre dos adolescentes entre 14 y 18 años, un ME = 0.8 es «bastante perceptible y por lo tanto grande» equiparable a los pesos de dos niños de 13 y 18 años. Aunque el autor menciona que Cohen conoce los peligros de los términos *pequeño*, *mediano* y *grande* fuera de contexto. En este aspecto los autores mencionan la crítica en este sentido mencionando en [11] quienes señalan «la importancia de un efecto depende de sus costos y beneficios relativos. En educación, si puedes demostrar que al hacer un cambio pequeño y de bajo costo se podría elevar el rendimiento académico en una magnitud de efecto de 0.1, entonces esto podría ser una mejora significativa» [10].

**Tabla III.** La tabla y las notas están tomadas de [10].

Magnitud del efecto	% personas del GC debajo del promedio <sup>a</sup>	Posición de la persona en un GC <sup>b</sup>	p para adivinar de qué grupo es alguien <sup>c</sup>	r equivalente <sup>d</sup>
0.0	50	13	0.50	0.00
0.1	54	12	0.52	0.05
0.2	58	11	0.54	0.10
0.3	62	10	0.56	0.15
0.4	66	9	0.58	0.20
0.5	69	8	0.60	0.24
0.6	73	7	0.62	0.29
0.7	76	6	0.64	0.33
0.8	79	6	0.66	0.37
0.9	82	5	0.67	0.41
1.0	84	4	0.69	0.45
1.2	88	3	0.73	0.51
1.4	92	2	0.76	0.57
1.6	95	1	0.79	0.62
1.8	96	1	0.82	0.67
2.0	98	1 <sup>e</sup>	0.84	0.71
2.5	99	1 <sup>f</sup>	0.89	0.78
3.0	99.9	1 <sup>g</sup>	0.93	0.83

D	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub> (=r)
0.0	50	13	0.50	0.00
0.1	54	12	0.52	0.05
0.2	58	11	0.54	0.10
0.3	62	10	0.56	0.15
0.4	66	9	0.58	0.20
0.5	69	8	0.60	0.24
0.6	73	7	0.62	0.29
0.7	76	6	0.64	0.33
0.8	79	6	0.66	0.37
0.9	82	5	0.67	0.41
1.0	84	4	0.69	0.45
1.2	88	3	0.73	0.51
1.4	92	2	0.76	0.57
1.6	95	1	0.79	0.62
1.8	96	1	0.82	0.67
2.0	98	1 <sup>e</sup>	0.84	0.71
2.5	99	1 <sup>f</sup>	0.89	0.78
3.0	99.9	1 <sup>g</sup>	0.93	0.83

Notas.

<sup>a</sup>Porcentaje de personas del grupo control quienes podrían estar debajo del promedio de personas.

<sup>b</sup>Posición de la persona en un grupo control de 25 que podría ser equivalente a la persona promedio en el grupo experimental.

<sup>c</sup>Probabilidad en que uno puede adivinar a qué grupo una persona pertenece a partir del conocimiento de su puntaje.

<sup>d</sup>Correlación equivalente, *r* (= Diferencia en porcentaje de "éxito").

<sup>e</sup>de 44 <sup>f</sup>de 160 <sup>g</sup>de 740.

Es importante que para que se pueda hacer este tipo de meta-análisis es requisito que las muestras cumplan con el requisito de la normalidad.

## VII RESULTADOS

### A. Resultados de normalidad

Para ver la normalidad se usan las pruebas de Kolmogorov-Smirnova y prueba de Shapiro-Wilk. Usando el programa estadístico SPSS se tiene la tabla IV:

**Tabla IV.** Tabla de resultados dados por el programa SPSS.

GRUPO	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
404	0.171	26	0.048	0.945	26	0.179
406	0.107	31	0.200	0.943	31	0.102
407	0.141	27	0.181	0.953	27	0.255
408	0.125	33	0.200	0.967	33	0.400

Observaciones:

1.- Aunque en la tabla se observa que la significancia en la prueba K S, que todos los valores son mayores que 0.05 (excepto el grupo 404) por lo que se cumple el criterio. De acuerdo a las fuentes consultadas<sup>1</sup> si los datos son menores

<sup>1</sup> Ver por ejemplo minuto 0'45'' del video

<https://www.youtube.com/watch?v=71BiSQz3sk>

que 50 no se debe usar el criterio kolmogorov-Smirnov, por lo que usamos la prueba Shapiro-Wilk, en ella se cumple el criterio de normalidad con una confianza del 95 %, ya que la significancia de la última columna es mayor que 0.05  
 2.- Todos los grupos cumplen el criterio de normalidad

**B. Resultados prueba t**

a) Turno matutino

**Tabla V.** Prueba t para grupos matutinos.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	Grupo 404 (testigo)	Grupo 406 (pbl)
Media	47.74193548	39.48717949
Varianza	379.5459976	184.6153846
Observaciones	31	26
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	53	
Estadístico t	1.876856096	
P(T<=t) una cola	0.033023685	
Valor crítico de t (una cola)	1.674116237	
P(T<=t) dos colas	0.066047371	
Valor crítico de t (dos colas)	2.005745995	

b) Turno vespertino

**Tabla VI.** Prueba t para grupos vespertinos.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	Grupo 408 (pbl)	Grupo 407 (testigo)
Media	47.87878788	46.17283951
Varianza	420.7070707	300.6014562
Observaciones	33	27
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	58	
Estadístico t	0.349083846	
P(T<=t) una cola	0.364145271	
Valor crítico de t (una cola)	1.671552762	
P(T<=t) dos colas	0.728290542	
Valor crítico de t (dos colas)	2.001717484	

Observaciones: De los resultados de las tablas V y VI P(t) > 0.05 por lo que las medias no muestran una diferencia significativa al 5%.

**C. Resultados tamaño efecto**

**Tabla VII.** Tamañoefecto para los cuatro grupos.

Turno Grupo	Matutino		Vespertino	
	404 (control)	406 (Pbl)	407 (control)	408 (pbl)
N	26	31	27	33
$\mu$	39.4873	47.7416	46.1728	47.8788
$\sigma$	13.5873	19.4819	17.3379	20.5112
$\sigma_c$	13.5873		17.3379	
$\sigma_g$	17.0570		19.6692	
$\sigma_{cohen}$	17.3576		14.6014	
$\Delta = \frac{\mu_e - \mu_c}{\sigma_c}$	0.60753		0.09840	
$g = \frac{\mu_e - \mu_c}{\sigma_g}$	0.48395		0.08907	
$d = \frac{\mu_e - \mu_c}{\sigma_{cohen}}$	0.47556		0.08760	

**D. Análisis de datos**

Sólo será interpretada la d de Cohen:  
 Turno matutino:

- d ≈ 0.5, en la segunda columna de la tabla III se observa 69, lo que significa que la mediana del grupo pbl está 69% por encima de los miembros del grupo de control.
- Si se observa la columna de la r, se tiene el número 0.24, es decir que hay una diferencia del 24% del grupo pbl con respecto al grupo de control. Por lo tanto, si el test fuera una prueba de admisión y el 60% fuera suficiente y se ordenaran los resultados de mayor a menor, ese umbral lo pasarían los primeros 10 estudiantes del grupo 406 pbl el 32%. En el grupo de control ese umbral lo pasarían 32%-24%= 8%. 8% de 24 = 1.92 ≈ 2 estudiantes.

Vespertino:

- En este caso la d de Cohen es muy pequeña, d= 0.087 ≈ 0.1, en la segunda columna de la tabla III se observa 54, es decir el la mediana del grupo pbl supera al 54% del grupo de control.
- Para la columna de r se observa el valor de 0.05, es decir el 5% de diferencia entre los dos grupos a favor de pbl. Los estudiantes que pasaron el umbral de 60% o más de 9 aciertos fueron en el 407, 8 estudiantes de 27 (26.63%); en el 408, 11 estudiantes de 33 (33.33%). La diferencia en este umbral es del 7.30%, que es superior al 5% de Cohen.

**VIII CONCLUSIONES**

- En el turno matutino es notable la diferencia entre ambos tratamientos a favor de los estudiantes que recibieron el pbl.

- Para un umbral propuesto los estudiantes que recibieron un “tratamiento” pbl superan en al menos un 24% a los del grupo testigo.
- En el turno vespertino la diferencia entre ambos tratamientos es menor, 5%, pero sigue siendo a favor de los estudiantes que recibieron el pbl.
- En una institución, en donde hay una ligera ventaja (turno vespertino) a favor de un tratamiento vale la pena aplicarlo.
- Como hallazgo se muestra que los grupos vespertinos tienen un mejor rendimiento que los matutinos, valdría la pena indagar sobre éstos resultados.

## AGRADECIMIENTOS

Al IPN por el apoyo brindado al presente trabajo; al Colegio de Bachilleres del Estado de Querétaro, su dirección académica y en particular al plantel 18, los directivos de dicho plantel y a la maestra Mayra Amador Perrusquía por su apoyo al desarrollo de éste proyecto

## REFERENCIAS

[1] SEP, Subsecretaría de Educación Media Superior, Dirección General de Bachillerato, Dirección de

- Coordinación Académica, *Serie programas de Estudio, Física II*. SEP (2013).
- [2] Serway, R., A. & Vuille, C., *College Physics*, 9<sup>th</sup> Edition, (Books/Cole. CENAGE Learning, USA, 2006).
- [3] Díaz Barriga Arceo, F., *Enseñanza Situada: Vínculo entre la escuela y la vida*, (Mc Graw Hill, México, 2006).
- [4] Eduteka Northwest Regional Educational Laboratory, *Aprendizaje basado en proyectos*. Publicado 3 de marzo de 2006 por eduteka, Consultado en <http://www.eduteka.org/AprendizajePorProyectos.php> el 30 de enero de 2018
- [5] Feinman, R., Leighton, R. B., Sands, M., *Física Vol. 2*, (Addison-Wesley Iberoamericana, México, 1982).
- [6] Savéliev, I.V., *Curso de Física General, Tomo 2*, (Editorial MIR, Moscú, 1984).
- [7] Halliday, K., Resnick, R. & Brownstein, S. A., *Test Bank to accompany Physics* (Fifth Edition, volumes 1 and 2) (John Wiley & Sons Inc: New York, 2002).
- [8] Hewitt, P. G., *Física Conceptual*, (Editorial Trillas, México 1996).
- [9] Cohen, J., *A power primer*, *Psychological Bulletin* **112**, 155-159 (1992).
- [10] Merino-Soto, C. Calderón-de la Cruz, G., *Aporte complementario sobre la significancia práctica en los resultados del young self-report*, *Liberabit, Revista de Psicología* **22**, No 2, 249-251 (2016).
- [11] Glass, G., McGaw, B., & Smith, M. L., *Meta-analysis in social research*, (Sage, Beverly Hills, CA, 1981), p. 104.