

## **Construcción de motor eléctrico como Aprendizaje Basado en Proyectos para la asignatura de Electrónica y Electrotecnia.**

Matias Soto-Moscoso, Universidad Autónoma de Chile, Temuco, [matias.soto@uautonoma.cl](mailto:matias.soto@uautonoma.cl)

Edio Mardones, Universidad Autónoma de Chile, Temuco, [edio.mardones@uautonoma.cl](mailto:edio.mardones@uautonoma.cl)

Juan Oyarzo, Universidad Autónoma de Chile, Temuco, [juan.oyarzo@uautonoma.cl](mailto:juan.oyarzo@uautonoma.cl)

### **RESUMEN**

El trabajo consiste en la aplicación de la metodología de Aprendizaje Basada en Proyectos, que conlleva el estudio y creación de un motor eléctrico, donde se utilizó la taxonomía de Marzano y Bloom como mecanismos de formación de los resultados de aprendizajes, y el uso de software para modelamiento 3D, impresoras 3D e instrumental de laboratorio para comprobar el funcionamiento de los motores eléctricos creados por las y los estudiantes del curso de electrónica y electrotecnia para desarrollar en ellos aprendizaje autónomo, pensamiento crítico y conocimiento profundo en base a la experiencia. Se presentan los resultados de aprendizajes esperados, las componentes evaluadas (informe, presentación y póster) y la encuesta de valoración de parte de las y los estudiantes del curso. Las y los estudiantes completaron satisfactoriamente todas las etapas de ejecución de la actividad logrando una calificación dentro de una escala de apreciación de MB (Muy bueno) a E (Excelente), lo que se condice con la propia apreciación de la encuesta de valoración de las y los estudiantes del trabajo de investigación una vez ya evaluado, que obtuvo una media de 6,75 (Nota máxima 7,0), donde el 75% de los participantes la calificó con nota 7, y el 25% le dio una calificación de 6,6. Este trabajo se enmarca en el proyecto de ingeniería 2030 del consorcio UA y UMAG.

**PALABRAS CLAVES:** (Motores eléctricos, modelamiento 3D, Impresión 3D, Aprendizaje Basado en Proyectos, Taxonomía de Marzano, Taxonomía de Bloom).

## INTRODUCCIÓN

El **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)** (Railsback, J. (2002)), es una metodología educativa que sitúa a los estudiantes en el centro de su proceso de aprendizaje, involucrándolos en proyectos complejos y desafiantes que requieren la integración y aplicación de múltiples habilidades y conocimientos.

Durante la actividad, los estudiantes deben diseñar un prototipo de motor eléctrico o generador innovando en su construcción mediante impresoras 3D. El proceso implica investigación, análisis crítico de la información y la aplicación de teorías y conceptos aprendidos en clases. Los estudiantes deben evaluar diferentes opciones, justificar sus decisiones y adaptarse a nuevas informaciones, desarrollando así habilidades de pensamiento crítico que comprenden los niveles de aprendizaje de Marzano (Marzano, R., et al. (2005)) y Taxonomía de Bloom (Bloom, B., et al (1964)).

La creación de un motor eléctrico (Stephen, J. (2012)) funcional requiere que los estudiantes piensen de manera creativa y apliquen conocimientos técnicos para desarrollar soluciones originales y efectivas a las eventuales complicaciones de diseño y prueba de funcionamiento. Esto conlleva poner a prueba sus propias capacidades y a su carrera, en el sentido de la transversalidad de sus aprendizajes que constituyen el perfil de egreso de un ingeniero civil industrial. Todo esto alineado al proyecto ingeniería 2030 del consorcio UA y UMAG, enfocado en sostenibilidad, ya que, como país productor de cobre, podemos apuntar a mejorar nuestras capacidades tecnológicas y explorar así la creación de productos y no solamente vivir de materias primas, lo que al final incrementaría los ingresos nacionales y mejoraría las condiciones laborales, requiriendo de mano de obra avanzada.

El ABP también promueve la colaboración estrecha entre los miembros del equipo, asignando roles y responsabilidades específicas para asegurar una participación equitativa. Este proceso desarrolla habilidades de comunicación efectiva, negociación y resolución de conflictos, esenciales para el trabajo en equipo. Trabajar en equipo también permite a los estudiantes aprender unos de otros, combinando diversas perspectivas y habilidades para enriquecer el proyecto. Esta colaboración fomenta una descentralización cognitiva, donde el conocimiento es distribuido y compartido.

El desarrollo de prototipos funcionales y la elaboración de diseños 3D integran conocimientos de distintas áreas de la ingeniería. Los estudiantes aplican habilidades técnicas avanzadas, lo que les permite consolidar y aplicar lo aprendido en un contexto práctico. Chile es un país con inmensas fuentes energéticas no convencionales, mareomotriz, undimotriz, eólica, donde la comprensión en la fabricación de generadores eléctricos se vuelve indispensable para nuestro desarrollo como potencia mundial en esta área.

La utilización de tecnología ya sea de punta o soluciones más simples pero eficientes, es un componente crucial del ABP. Los estudiantes deben demostrar su capacidad para aprovechar la tecnología de manera efectiva en sus proyectos como lo es el caso de los softwares disponibles para diseño 3D y sus impresoras.

La preparación de presentaciones orales e informes escritos fortalece las competencias comunicativas de los estudiantes. Deben aprender a presentar sus ideas de manera clara y persuasiva a una audiencia global, lo que es vital para su desarrollo profesional (MacDonald, L., (2022)).



La necesidad de comunicar de manera práctica como lo es un póster genera un impacto positivo de sus proyectos en las comunidades o el planeta, y refuerza su capacidad para articular la relevancia social y ambiental de su trabajo.

Las evaluaciones de los proyectos, basada en criterios como el logro de los resultados de aprendizajes, la rigurosidad de la investigación y la aplicación tecnológica proporciona una valiosa retroalimentación a los estudiantes, cumpliendo con reunir e incorporar la información adquirida (Marzano, R. (2010).). Estas evaluaciones no solo miden el éxito del proyecto, sino que también les permite reflexionar sobre su proceso de aprendizaje y buscar maneras de mejorar continuamente.

Al reflexionar sobre sus experiencias y los resultados obtenidos, los estudiantes desarrollan una mayor conciencia de sus procesos de aprendizaje y de cómo pueden aplicar lo aprendido en futuros contextos que significa juzgar su propio aprendizaje.

Finalmente, el aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) es una metodología robusta y efectiva que facilita el desarrollo integral de los estudiantes, alineándose con los objetivos del Modelo Educativo de la Universidad Autónoma de Chile. Mediante la aplicación del ABP en la práctica final, se asegura que los estudiantes no solo adquieran competencias técnicas, sino también habilidades críticas, colaborativas y sociales, preparándolos para enfrentar y resolver problemas reales de manera ética y responsable, que cambie la realidad del país.

## DESARROLLO

La asignatura de Electrónica y Electrotecnia corresponde al séptimo semestre la Carrera de Ingeniería Civil Industrial, pertenece al área curricular de Formación Profesional, al ciclo Intermedio y posee un carácter teórico-práctico. El propósito principal es que el estudiante resuelva y formule problemas de circuitos y máquinas eléctricas, que maneje los elementos básicos del análisis de circuitos y realice conclusiones a partir de modelos de corriente continua y alterna. Además, se trabajaron las competencias genéricas: Capacidad de abstracción, análisis y síntesis. La metodología de trabajo fue activo participativa, fomentando la participación en clase y aprendizaje basado en problemas de ejercicios presentados en clase por el docente. El proceso de evaluación de esta asignatura es diagnóstica, formativa y sumativa para evidenciar el nivel de logro de los resultados de aprendizaje de los estudiantes.

Los resultados de aprendizajes correspondientes a la actividad planteada ABP pertenecen a la tercera y cuarta unidad de transformadores y máquinas eléctricas respectivamente, que se definen en: **emplear circuitos magnéticos y transformadores para la construcción de motores eléctricos pudiendo así vislumbrar su utilidad en la industria, además, explicar el funcionamiento de las maquinarias eléctricas de alta potencia, la transmisión eléctrica y el funcionamiento de las centrales de producción eléctrica.** (Biggs, J., & Tang, C. (2011)).

En base a estos resultados de aprendizajes, se les solicita a las y los estudiantes construir un motor eléctrico o generador para la asignatura. La actividad consideró seis semanas de trabajo que conllevaron la elección del tipo de prototipo (Generador eléctrico y/o motor eléctrico), diseño por software fusión 360, impresión 3D, embobinado de motor o generador eléctrico, estudio y análisis de resultados, informe, presentación y póster cada uno con su correspondiente rúbrica de evaluación (Apéndice). Finalmente responden una encuesta de evaluación de la actividad y reflexión. El curso tuvo una participación de hombres y mujeres en partes iguales, siendo esta

una iniciativa continuamente sostenida por el modelo educativo de nuestra universidad. (Universidad Autónoma de Chile. (n.d.)).

Tabla N°1. Ponderaciones de las calificaciones

Informe	Presentación	Póster
50%	30%	20%

**Los Principales Materiales utilizados son:**

- Impresora
- Filamento PLA
- Alambre esmaltado de cobre 0,5 mm
- Imanes de neodimio
- Lámina de cobre
- Varilla metálica (eje del rotor)
- Protoboard
- Botonera
- Cables Dupont
- Pinzas eléctricas
- Fuente de alimentación regulable (CC)
- Rodamientos

**La distribución de las sesiones por semana consideró dos horas cronológicas:**

**Primera sesión:** Consistió en búsqueda de información de tipos de motores eléctricos y generadores, dónde los estudiantes buscaron en libros y en la red diversos tipos de motores y/o generadores. Además, tienen disponibilidad durante el día de ocupar las instalaciones de laboratorio para trabajar en otros horarios disponibles para sus proyectos.



Figura 1. Etapa 1, búsqueda bibliográfica por parte de los estudiantes.

**Segunda sesión:** Diseño de prototipos en fusión 360. Se les solicita a los estudiantes trabajar en software modelando el diseño de su propuesta de motor y/o generador.



Figura 2. Etapa 2, sesión de prototipos.

**Tercera sesión:** Impresión 3D de los primeros diseños y embobinado. Se realiza la impresión del diseño y con el prototipo se realiza embobinado, considerando espesor del hilo de cobre esmaltado, número de vueltas y tipo de imanes.

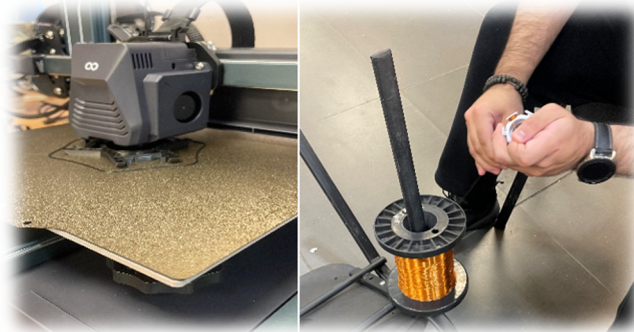


Figura 3. Etapa 3, sesión de impresión.

**Cuarta sesión:** Etapa de prueba de los prototipos, experimentación del diseño, medición de voltajes, corrientes, resistencia eléctrica, torque, revoluciones por minuto, temperatura con cámara térmica, campo magnético y eficiencia.

Las ecuaciones principales requeridas para llevar a cabo la propuesta fueron:

**Campo magnético generado por espiras:**

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I, \quad (1)$$

donde:

B: Campo magnético.

$\mu_0$  : Permeabilidad del medio en el vacío.

N: número de espiras.

L: Largo del solenoide.

I: Corriente que fluye por el alambre.

**Campo magnético de imán permanente:**

$$B \approx \mu_0 M, \quad (2)$$

donde:

M: Magnetización.

**Flujo magnético:**

$$\Phi = B \cdot A, \quad (3)$$

donde:

$\Phi$ : flujo del campo.

B: Campo magnético.

A: Área de la espira.

**Ley de Faraday-Lenz:**

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (4)$$

donde:

$\varepsilon$ : Fuerza electromotriz inducida.

$\Phi_B$ : Flujo de campo magnético.

T: Tiempo.

**Torque:**

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (5)$$

donde:

$\vec{\tau}$ : torque.

$\vec{r}$ : vector desde el eje rotación al punto.

$\vec{F}$ : Fuerza aplicada en el punto.

**Rapidez angular promedio:**

$$w = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}, \quad (6)$$

donde:

w : Rapidez angular.

$\Delta\theta$ : Cambio angular.

$\Delta t$  : Cambio en el tiempo.

**Constante de torque del motor eléctrico (CC):**

$$K_t = \frac{\tau}{I}, \quad (7)$$

donde:

$\tau$ : torque.

I : Corriente en el circuito.

**Corriente que circula por motor (CC):**

$$I = \frac{V-CEM}{R} \quad (8)$$

donde:

I : Corriente.

V: Voltaje suministrado.

CEM: Contraparte electromotriz (Fuerza electromotriz inversa).

**Potencia mecánica rotacional:**

$$P = \tau \cdot w, \quad (9)$$

donde:

P : Potencia.

$\tau$ : Torque.

w : Rapidez angular.

**Potencia eléctrica:**



$$P = VI, (10)$$

donde:

$P$  : Potencia eléctrica.

$V$  : Voltaje.

$I$  : Corriente.

**Eficiencia:**

$$\eta = \left( \frac{P_{Mecanica}}{P_{Electrica}} \right) 100\% , (11)$$

donde:

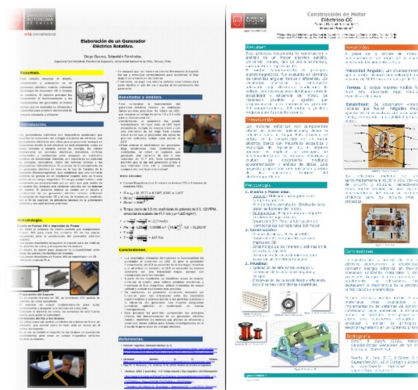
$P_{Mecanica}$  : Potencia mecánica útil medida en voltios.

$P_{Electrica}$  : Potencia eléctrica suministrada al motor medida en voltios.



Figura 4. Etapa 4, prueba de prototipos.

**Quinta sesión:** Se hacen las presentaciones orales, muestra del funcionamiento de los prototipos y se entregan los posters para evaluación por parte del docente de la asignatura con rúbricas correspondientes.



**Sexta sesión:** Retroalimentación y evaluación de la actividad mediante una encuesta.

**ER3 Electrónica y electrotecnia**

Estimadas y estimados estudiantes: Se les solicita completar este breve cuestionario sobre sus impresiones con respecto a la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos, implementada en el trabajo de informe, presentación y póster para la ER3. Además, de la actividad de A+S y postulación a concurso internacional PROTOTYPES FOR HUMANITY en la sección de laboratorio para la asignatura de Electrónica y electrotecnia.

masotom1@gmail.com [Changer de compte](#)

Non partagé

\* Indique une question obligatoire

**RESULTADOS**

Las y los estudiantes completaron satisfactoriamente todas las etapas de ejecución de la actividad, descritas anteriormente. Se elaboraron presentaciones, informes y posters en los plazos indicados, dónde:

Las calificaciones en presentación fueron excelentes, demostrando gran habilidad de comunicación, transmisión de conocimiento, muestra y explicación del prototipo funcional. Esto se vuelve de gran importancia dentro del desarrollo de las habilidades comunicacionales del ingeniero civil industrial, ya que debe ser capaz de hablar en público y transmitir información correctamente. Esta habilidad se desarrolla fuertemente en las asignaturas de los primeros años de formación, y se declara, en la malla curricular de la carrera.

Los informes presentaban algunos errores de cálculos, otros de ortografía y orden, por lo tanto, en su mayoría fueron muy buenos y otros debían mejorar. Esto se debe principalmente a errores de interpretación de la teoría, fuentes de información poco fiables y la no utilización de los horarios de consultas con el docente.

Con relación a los posters presentados, fueron elaborados cumpliendo con todos los requerimientos, dentro del espectro de lo bueno y excelente, como se muestra en la tabla, las calificaciones de los posters se repartieron en grupos proporcionalmente. Los errores principalmente fueron de la estructura (orden y tamaño) y tipografía del poster, esto muestra que hay dificultad en seguir instrucciones y respetar un formato, que puede ser perjudicial en su desarrollo laboral profesional.

Tabla N°2. Distribución de notas en porcentajes por escala de apreciación

Instrumento	E (7.0-6.5)	MB (6.4-5.5)	B (5.4-5.0)	DM (4.9-4.0)	I (3.9-1.0)
Informe (50%)	34%	33%	-	33%	-
Presentación (30%)	67%	-	-	33%	-
Póster (20%)	34%	33%	33%	-	-

E: Excelente, MB: Muy bueno, B: Bueno, DM: Debe mejorar y I: Incompleto)

La encuesta realizada posterior a la actividad proporciona información relevante para tomar decisiones pedagógicas en aspectos de diseño y vinculación profesional. La evaluación de valoración de las y los estudiantes del trabajo de investigación tuvo una media de 6,75, donde el

75% de los participantes la calificó con un puntaje de 7, y el 25% le dio un puntaje de 6, 6. De manera similar, se obtuvieron los mismos resultados en la evaluación del informe y póster, concluyendo que los estudiantes valoran estas estrategias como actividades efectivas para complementar el aprendizaje teórico. En cuanto al beneficio profesional futuro, el 50% de los estudiantes calificó con un puntaje de 7, mientras que el otro 50% le dio un puntaje de 6. Además, existe consenso entre los estudiantes para continuar con la implementación de estas actividades en el futuro. A pesar de que las respuestas son muy positivas, la disminución en el porcentaje asociado al beneficio profesional futuro indica que algunos estudiantes no logran ver claramente cómo estas actividades son aplicables en su futura carrera profesional, lo que sugiere una oportunidad para incorporar otras metodologías de enseñanza. Sin embargo, los resultados positivos de la encuesta validan la metodología implementada en el curso, fortaleciendo el desarrollo de habilidades y la vinculación con proyectos. En particular, la apreciación de los estudiantes demuestra el logro de cumplir objetivos de aprendizaje, desarrollar competencias técnicas y comunicativas, y detectar oportunidades para la mejora continua. Esto es especialmente relevante cuando se considera el enfoque de proyectos, donde la integración de conocimientos tecnológicos y la creación de soluciones innovadoras son fundamentales. La alta valoración de los estudiantes hacia las actividades del curso sugiere que están adquiriendo las competencias necesarias para participar en iniciativas que requieren una fuerte aplicación práctica y un impacto positivo en la sociedad. No obstante, para mejorar la percepción del beneficio profesional futuro, es crucial que estas actividades se vinculen más claramente con aplicaciones reales en el ámbito laboral, tal como lo promueve el marco de "Sostenibilidad de la ONU". Esto podría incluir el desarrollo de proyectos que no solo cumplan con los estándares académicos, sino que también se orienten hacia la resolución de problemas concretos, aumentando así la relevancia profesional de los aprendizajes adquiridos.

## CONCLUSIONES

La utilización de las taxonomías de Marzano y Bloom consideran los niveles de aprendizaje y las habilidades esperadas de pensamiento para abordar un resultado como la creación de un prototipo funcional acabado, donde a través de cada una de las etapas planteadas en la asignatura y los trabajos prácticos de laboratorios permitieron su logro. Las actividades dividen perfectamente los niveles de aprendizaje y la encuesta permite mejorar constantemente la experiencia educativa. Los porcentajes de logro son elevados y la motivación de las y los estudiantes es excepcional, ya que se les ha dado un trabajo desafiante que requiere el compromiso del estudiante con su propio aprendizaje, pensamiento crítico y aprendizaje profundo basado en la experiencia, aunque siempre contando con la guía del docente para concretar el desarrollo y logro de cada etapa. Esto influye profundamente en su conocimiento y aporta a sus capacidades multidisciplinares, ya que estudian la teoría, buscan información, diseñan, ponen a prueba sus ideas y crean un prototipo funcional, que lleva un desarrollo de habilidades cognitivas que les permiten corroborar, aplicar lo aprendido y ser jueces de su propio aprendizaje, ya que no solo se entiende en teoría el mecanismo, sino también se sabe construirlo desde cero y se piensa fuera de lo establecido, de manera que esto abre puertas a la innovación y al desarrollo sustentable, pues motiva a los estudiantes a pensar sofisticadamente sobre los costos, capacidades de producción, evaluar la industria en el país y entender sus posibilidades y motivar al ingenio para desarrollar tecnologías para futuras empresas o emprendimientos que se desarrollen de manera sostenible que no sólo exporte materia prima sino desarrolle la ciencia y la tecnología para aumentar el valor de los productos y servicios que tributan al desarrollo del país y el mundo.

## AGRADECIMIENTOS



Los autores Agradecen a la Universidad Autónoma de Chile por el financiamiento otorgado.

## REFERENCIAS

Biggs, J., & Tang, C. (2011). *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does* (4th ed.). Open University Press.

Bloom, B., et al (1964). *Taxonomy of educational objectives* (Vol. 2). New York: Longmans, Green.

MacDonald, L., (2022). Aligning learning objectives and approaches in global engineering graduate programs: Review and recommendations by an interdisciplinary working group. *Development Engineering*, 7, 100095.

Marzano, R. (2010). *Designing & teaching learning goals & objectives*. Colorado: Solution Tree Press.

Marzano, R., et al. (2005), *Dimensiones del aprendizaje* (Vol. 2). México: ITESO

Railsback, J. (2002), *Project-Based Instruction: Creating Excitement for Learning*. By Request Series. Portland: Northwest Regional Educational Laboratory

Stephen, J. (2012), *Máquinas Eléctricas* (Vol. 5). México: MacGraw Hill

Universidad Autónoma de Chile. (n.d.). Dirección de Equidad de Género, Diversidad e Inclusión.

