



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,
Volumen 9, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6

SELECCIÓN E INTEGRACIÓN DE UN GENERADOR DE IMANES PERMANENTES PARA UN BANCO DIDÁCTICO DE TURBINA FRANCIS

**SELECTION AND INTEGRATION OF A PERMANENT
MAGNET GENERATOR FOR A DIDACTIC FRANCIS
TURBINE BENCH**

Ing. Carlos Solís Sánchez
Tecnológico Nacional de México

Ing. Jorge Salazar Rocha
Tecnológico Nacional de México

M.C. Julio Cesar Gallo Sánchez
Tecnológico Nacional de México

M.C. Francisco Carlos Mejía Alanís
Tecnológico Nacional de México

Dr. Antonio Urióstegui Hernández
Tecnológico Nacional de México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6.22023

Selección e Integración de un Generador de Imanes Permanentes para un Banco Didáctico de Turbina Francis

Ing. Carlos Solís Sánchez¹

carlos.solis@lcardenas.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0002-2541-5280>

Tecnológico Nacional de México
Campus Lázaro Cárdenas, Michoacán
México

Ing. Jorge Salazar Rocha

jorge.salazar@lcardenas.tecnm.mx

<https://orcid.org/0009-0006-2741-5224>

Tecnológico Nacional de México
Campus Lázaro Cárdenas, Michoacán
México

M.C. Julio Cesar Gallo Sánchez

jcesar.cesar@lcardenas.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0003-1034-1610>

Tecnológico Nacional de México
Campus Lázaro Cárdenas, Michoacán
México

M.C. Francisco Carlos Mejía Alanís

fcarlos.malanis@lcardenas.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9257-4009>

Tecnológico Nacional de México
Campus Lázaro Cárdenas, Michoacán
México

Dr. Antonio Urióstegui Hernández

au.hernandez@lcardenas.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6044-2180>

Tecnológico Nacional de México
Campus Lázaro Cárdenas, Michoacán
México

RESUMEN

La integración de generadores eléctricos en bancos didácticos es fundamental para la enseñanza de máquinas eléctricas y sistemas y máquinas de fluidos, al permitir la aplicación práctica de la conversión de energía. Este artículo analiza un proyecto de titulación realizado en 2019 en el Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas, donde se seleccionó e integró un generador de imanes permanentes MY-6812 a un banco hidráulico con turbina tipo Francis. La metodología incluyó la caracterización de la turbina y pruebas experimentales de generación en corriente continua. Los resultados confirman la viabilidad técnica del sistema y su valor didáctico como herramienta formativa, al fortalecer la comprensión de la conversión energética en la formación de ingenieros electromecánicos. El objetivo de este trabajo es poder identificar desde el punto de vista del estudiante, aquellos recursos didácticos utilizados en las asignaturas de Sistemas y Máquinas de Fluidos y Máquinas Eléctricas, que contribuyan eficazmente en el aprendizaje de ellos y así, aprobar la asignatura.

Palabras clave: generadores eléctricos, banco didáctico, turbina francis, enseñanza de máquinas eléctricas y sistemas y máquinas de fluidos

¹ Autor principal

Correspondencia: carlos.solis@lcardenas.tecnm.mx

Selection and Integration of a Permanent Magnet Generator for a Didactic Francis Turbine Bench

ABSTRACT

The integration of electric generators into didactic benches is fundamental for the teaching of electrical machines and fluid systems and machines, as it enables the practical application of energy conversion. This article analyzes a thesis project carried out in 2019 at the Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas, where a MY-6812 permanent magnet generator was selected and integrated into a hydraulic bench with a Francis-type turbine. The methodology included the characterization of the turbine and experimental tests of direct current generation. The results confirm the technical feasibility of the system and its didactic value as a formative tool, strengthening the understanding of energy conversion in the training of electromechanical engineers. The objective of this work is to identify, from the student's perspective, those teaching resources used in the subjects of fluid systems and machines and electrical machines that effectively contribute to their learning and thus, pass the subject.

Keywords: electric generators, didactic bench, francis turbine, teaching of electrical machines and fluid systems and machines

*Artículo recibido 30 noviembre 2025
Aceptado para publicación: 30 diciembre 2025*



INTRODUCCIÓN

La selección e integración de generadores eléctricos es un aspecto central en la enseñanza de máquinas eléctricas, pues permite que los estudiantes vinculen los fundamentos teóricos con la práctica experimental. En este sentido, los bancos didácticos constituyen una herramienta formativa de gran valor, al facilitar la comprensión de los principios de conversión de energía en contextos controlados.

Según (Medina Morón et al., 2025) los recursos y materiales didácticos son aquellos medios que utilizan los docentes para con el conjunto de ellos lograr un aprendizaje significativo en sus estudiantes y conseguir que puedan aprobar sus asignaturas.

Los medios didácticos son aquellos que le permiten al estudiante el desarrollo de su pensamiento, lenguaje, imaginación y conocimiento de sí mismo. Además, los recursos didácticos como plantea Fernández (2010) son todos aquellos elementos como herramientas, procedimientos, actividades, técnicas y estrategias que apoyan las actividades del docente, de tal forma que los estudiantes puedan recibir los conocimientos de forma más clara para lograr el aprendizaje significativo.

Los materiales didácticos son objetos que ayudan en la construcción del aprendizaje como señala (Fernández A., 2010) y pueden ser cualquier dispositivo diseñado o elemento orientado al desarrollo de actividades formativas como afirma (Rojas Matamoros et al., 2021). Pueden ser tanto físicos como virtuales como expresa (Vargas Murillo, 2017).

Algunos medios didácticos pueden ser: Texto, pizarrón, material audiovisual interactivo, participación de los estudiantes, trabajo en equipo, realizar ejercicios, entre otros desde el punto de vista de (Villacreses Veliz et al., 2016).

El presente artículo analiza el proyecto de titulación desarrollado en el Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas, en el cual se diseñó un banco hidráulico con turbina tipo Francis. Dicho trabajo presentaba la limitante de no contar con un generador eléctrico que completara el ciclo de conversión energética, lo que restringía su potencial como recurso académico. Como indica (Araujo Arias et al., 2025) la falta de recursos didácticos para la aplicación práctica de contenidos teóricos motivó esta propuesta.



A juicio de (Haro Oña et al., 2023) como consecuencia, los estudiantes tienen dificultad para acceder a experiencias de aprendizaje y se desarrollan los contenidos teóricamente desde aulas

Como menciona (Lucas & Suárez Muñoz, 2010) el correcto desarrollo de una sesión didáctica va a depender de la adecuada planificación por parte del profesorado, en función de las ideas previas de ejecución, las ideas claras de las actividades a desarrollar y de una correcta organización de los recursos.

Según Díaz Lucea (1996), los materiales y recursos deben cubrir alguna o algunas de las siguientes funciones:

- a) Función motivadora: deben contar con la capacidad de captar la atención del estudiante ya sea por su forma, color, acción, sensación, entre otros.
- b) Función estructuradora: pueden llegar a ser el medio de organización del aprendizaje entre la realidad y los conocimientos.
- c) Función didáctica: Debe existir una congruencia entre los contenidos a cubrir y los recursos que se pueden utilizar para la eficiencia en la enseñanza.
- d) Función facilitadora de los aprendizajes: Se pueden identificar materiales imprescindibles para el aprendizaje y aquellos que únicamente son facilitadores.
- e) Función de soporte al docente: Es la necesidad que tiene el docente de contar con recursos que lo apoyen en su labor docente tal como la programación de los temas, enseñanza, registro de datos, control, etc.

La propuesta del proyecto consistió en seleccionar e integrar un generador de imanes permanentes, adecuado a las condiciones de baja potencia y velocidad variable propias de la turbina.

A partir de este antecedente, en el artículo se exponen los fundamentos de ingeniería básica empleados en el dimensionamiento, selección e integración del generador, resaltando su pertinencia como solución técnica y didáctica.

Asimismo, se discute la relevancia del caso como referencia en la formación de ingenieros electromecánicos y en el desarrollo de prácticas experimentales en laboratorios de máquinas eléctricas.



METODOLOGÍA

El procedimiento implementado para la selección e integración del generador eléctrico en el banco hidráulico equipado con turbina tipo Francis se desarrolló en distintas fases metodológicas, cada una de ellas orientada a responder a los objetivos de carácter técnico y didáctico planteados en el proyecto. Dichas etapas permitieron garantizar la pertinencia en la selección de los componentes, así como la adecuada integración del sistema en un entorno de aplicación académica. Los recursos según Pérez Alarcón (2010) se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a) Material manipulativo como: tableros interactivos, módulos de laboratorio, juegos, pelotas, entre otros.
- b) Documentos audiovisuales e informáticos, tales como: videos, recursos electrónicos, fotografías, entre otros medios.
- c) Documentos impresos y manuscritos, que pueden incluir: libros, revistas, periódicos, mapas u otros.
- d) Equipos tales como: computadora, proyector, pizarrón eléctrico.

Y de acuerdo con Fernández (2010) se clasifican en intangibles y tangibles. Los primeros son los que intervienen en procedimientos mentales como estrategias de enseñanza y aprendizaje, técnicas, lecturas o la elaboración de un documento. Mientras que los tangibles son los materiales didácticos.

Caracterización del banco hidráulico.

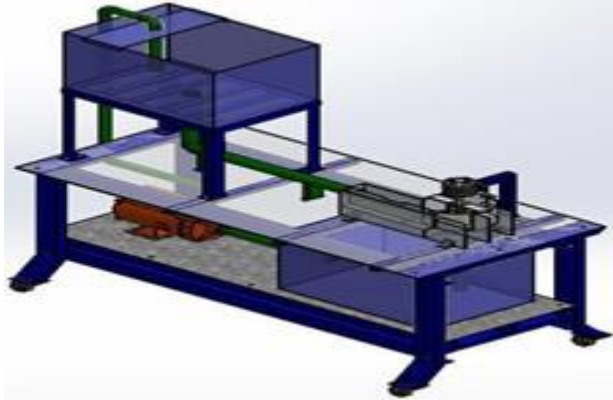
En primera instancia, se efectuó la identificación y el análisis de los elementos constitutivos del banco hidráulico, entre los que se incluyen el tanque de almacenamiento de agua, la bomba centrífuga, las tuberías de conducción y la turbina tipo Francis. Esta caracterización consideró la recopilación de parámetros hidráulicos esenciales, tales como el caudal, la presión de operación, la altura de carga y las pérdidas asociadas al sistema.

El levantamiento de dicha información constituyó la base para establecer las condiciones de operación bajo las cuales debía integrarse el generador, garantizando que el proceso de selección estuviera sustentado en datos técnicos objetivos y confiables.

En la Figura 1 se presenta una recreación computarizada del banco hidráulico, la cual facilita la visualización de su configuración estructural y funcional.



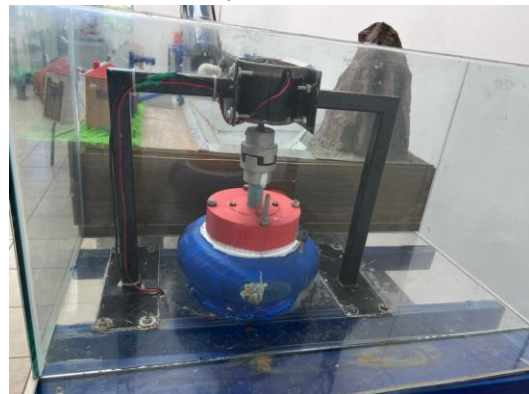
Figura 1. Representación computarizada del banco hidráulico con turbina Francis.



Nota. Elaboración Propia Diseño en SolidWorks®

En las Figuras 2 y 3 se presentan imágenes del banco hidráulico real, para la visualización de su configuración estructural y funcional.

Figuras 2 y 3. Imágenes reales del banco hidráulico con turbina Francis y Generador de CC.

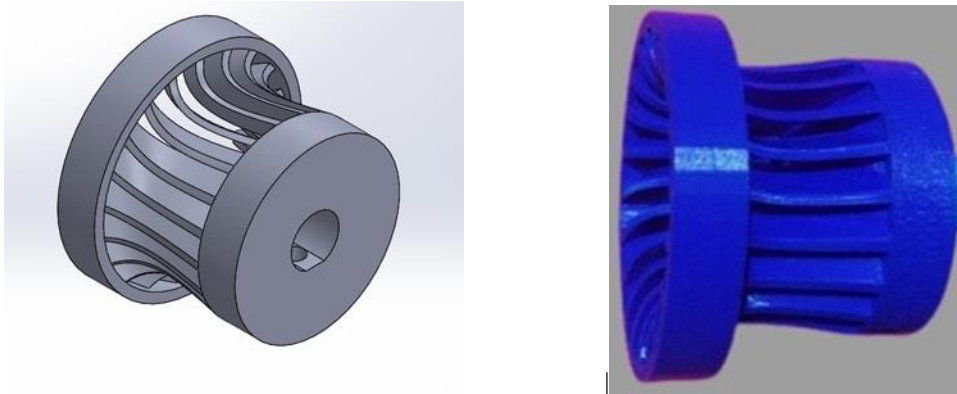


Nota. Elaboración Propia

Análisis de la Turbina Francis

Posteriormente, se procedió a la evaluación de la geometría y comportamiento operativo de la turbina (véase las Figuras 4 y 5). Se examinaron aspectos como la configuración de los álabes, el eje de transmisión y la velocidad angular en función del caudal suministrado. A partir de esta revisión se definió el rango de potencia mecánica disponible y se estableció el tipo de acoplamiento más adecuado para la transmisión del movimiento rotacional hacia el generador. En esta etapa se consideraron también las pérdidas por fricción y posibles desalineaciones, a fin de optimizar la eficiencia global del sistema de conversión de energía.

Figuras 4 y 5. Vista isométrica del Ábabe de la Turbina Francis



Nota. Elaboración Propia Diseño en SolidWorks® e Imagen Real Fabricada con Impresora 3D

Selección del Generador Eléctrico.

Con los parámetros hidráulicos y mecánicos previamente obtenidos, se establecieron criterios técnicos de selección que incluyeron la potencia nominal, la tensión de salida, la facilidad de integración mecánica, así como la robustez y confiabilidad del equipo. A partir de la comparación entre diferentes alternativas comerciales, se determinó que la opción más adecuada correspondía a un generador síncrono de imanes permanentes modelo MY-6812, debido a sus ventajas en términos de eficiencia, simplicidad constructiva, bajo costo y requerimientos mínimos de mantenimiento.

En la Tabla 1 se presentan las especificaciones técnicas del generador seleccionado, la cual constituye la referencia fundamental para su correcta integración al banco hidráulico.

Tabla 1. Placa de datos del generador seleccionado

Concepto	Especificación
Modelo-Tipo	MY6812 / ZD068A1
Aplicación	Motor generador
Tensión	12 / 24 V
Corriente sin carga	0.4 A / 0.8 A
Potencia	100 / 120 / 150 W
Eficiencia	90%
Velocidad rotacional	2750 rpm

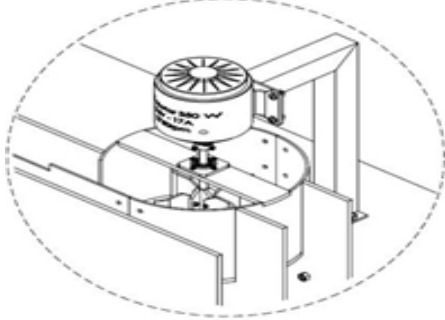
Fuente: Unitemotor.

Diseño e Integración Mecánica.

El proceso de integración mecánica requirió el diseño de una estructura de soporte elaborada con perfiles tubulares de acero, cuya fijación se realizó mediante tornillería con el propósito de facilitar el montaje, desmontaje y mantenimiento del generador.

Asimismo, se incorporó un acoplamiento flexible de 8 mm, capaz de absorber desalineaciones radiales y angulares, lo cual permitió asegurar una transmisión confiable del movimiento rotacional. Este diseño fue previamente modelado mediante software Solidworks© y posteriormente fabricado en taller, garantizando resistencia estructural y funcionalidad didáctica (véase la figura 6).

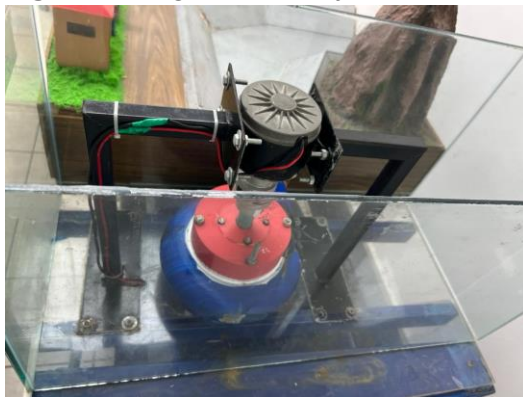
Figura 6. Vista isométrica a detalle del montaje del generador de CC.



Nota. Elaboración Propia Diseño en SolidWorks©

En la Figura 7 se presenta la imagen del montaje real del Generador de CC a la turbina Francis del banco hidráulico, para la visualización de su configuración estructural y funcional.

Figura 7. Imagen del montaje real del Generador de CC a la Turbina Francis



Pruebas Experimentales.

Una vez concluida la integración del generador eléctrico al banco hidráulico, se procedió a la etapa de pruebas experimentales con el objetivo de evaluar su comportamiento bajo diferentes condiciones de operación. Para ello, se establecieron cuatro rangos de apertura de la válvula de control de caudal, registrando en cada caso la magnitud del voltaje producido por el generador.

En cada nivel de apertura se efectuaron diez mediciones consecutivas, con el fin de reducir errores asociados a fluctuaciones instantáneas y garantizar la confiabilidad de los datos obtenidos. Los valores fueron posteriormente promediados, obteniendo así un resultado representativo para cada condición de operación (véase la tabla 2).

RESULTADOS

Una vez ensamblado el generador síncrono de imanes permanentes modelo MY-6812 al banco hidráulico con turbina tipo Francis, se realizaron las pruebas de funcionamiento correspondientes. Las mediciones registradas en la tabla 2 permitieron obtener la relación entre las revoluciones del eje, el caudal suministrado y el voltaje de salida en corriente continua.

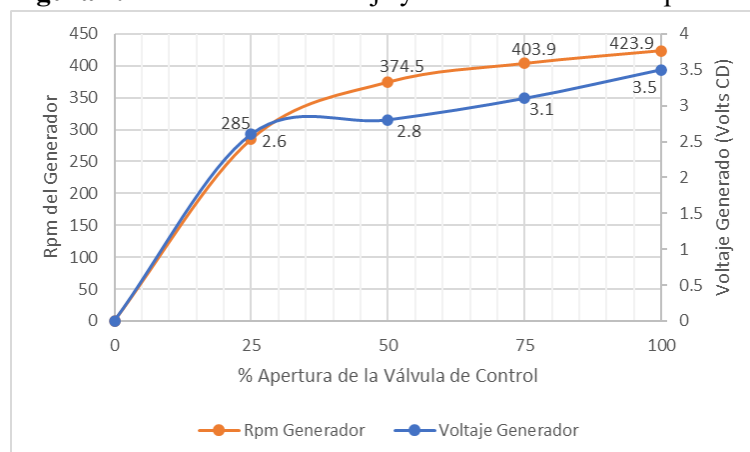
Tabla 2. Resultados promedios de caudal, presión, voltaje y velocidad del generador

% Apertura Válvula	Caudal (Lpm)	Presión (mca)	Voltaje (cd)	Rpm Generador
0	0	0	0	0
25	22.9	4.75	2.6	285
50	45.8	9.5	2.8	374.5
75	68.7	14.25	3.1	403.9
100	91.6	19	3.5	423.9

Nota. Elaboración Propia

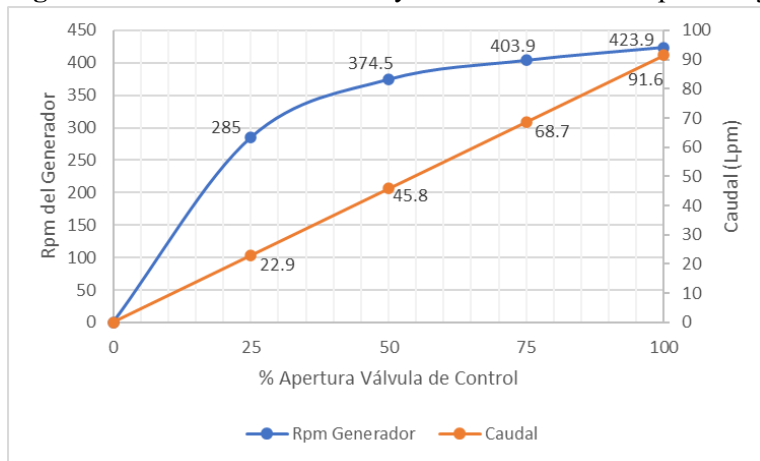
Los resultados obtenidos muestran que, a medida que se incrementa la velocidad de rotación del generador, también se eleva la magnitud de voltaje producido. Sin embargo, esta relación no es proporcional ni lineal respecto al caudal hidráulico, lo cual evidencia pérdidas durante el proceso de conversión de energía propias del sistema (véase figuras 7 y 8).

Figura 7. Relación entre Voltaje y RPM en función del porcentaje de apertura de la válvula



Nota. Elaboración Propia

Figura 8. Relación entre Caudal y RPM en función del porcentaje de apertura de la válvula



Nota. Elaboración Propia

Las mediciones de voltaje confirmaron que el generador no alcanzó el potencial eléctrico esperado para operar dispositivos lógicos. Mientras que el estándar de referencia considerado fue de 5 V en corriente continua, los valores registrados resultaron menores, limitando su aplicación a cargas ligeras representativas, como diodos emisores de luz (LED).

Tal como lo indica (Medina Morón et al., 2025) de acuerdo con los resultados obtenidos en este artículo de investigación, se sugiere motivar a los docentes al uso de proyectos integradores de aprendizaje, ya sea uno o varios durante el curso.

CONCLUSIONES

La integración del generador de imanes permanentes MY-6812 al banco didáctico de turbina tipo Francis cumplió con los objetivos planteados, al resolver una necesidad práctica en la formación de ingenieros electromecánicos. Las ventajas de este tipo de actividades didácticas son que proporcionan conocimiento de contenidos, así como el desarrollo de habilidades, la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la colaboración entre los involucrados. Además, se genera un aumento en la motivación frente a temas reales desde el punto de vista de (Villanueva Morales et al., 2022).

La selección del equipo, por su eficiencia, simplicidad y bajo costo, resultó adecuada para fines académicos, y las pruebas experimentales validaron los cálculos teóricos, fortaleciendo la relación entre teoría y práctica.

Los métodos de aprendizaje se deben de organizar de tal manera que cubran estudiantes con diferentes capacidades. Al enseñar se debe utilizar diferentes estrategias didácticas para estimular la participación del estudiante, ya que, si únicamente se utiliza un método, lo que se estaría haciendo es entrenar y no educar a juicio de (Matienzo, 2020).

Como limitación, el prototipo se diseñó a escala y solo permite alimentar cargas ligeras, por lo que sus resultados no son extrapolables directamente a sistemas de mayor capacidad. Para futuras investigaciones se recomienda evaluar generadores de mayor potencia, incorporar sistemas de control más avanzados y añadir instrumentación que permita analizar con mayor precisión el desempeño del sistema bajo diferentes condiciones de operación.

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Lázaro Cárdenas, por el espacio otorgado para el desarrollo de este proyecto en el Área de Metalmecánica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo Arias, M. E., & Kruehl Campoverde, E. M. (2025). Diseño de un banco didáctico de climatización automotriz de bajo costo para la capacitación técnica de jóvenes en sectores vulnerables (Bachelor's thesis). <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/31300>
- Díaz Lucea, J. (1996). Los Recursos y Materiales Didácticos en Educación Física. *Apuntes. Educación física y deportes*,1(43),42-52. <https://raco.cat/index.php/ApuntesEFD/article/view/316542>
- Fernández, A. (2010). Recursos Didácticos. Elementos indispensables para facilitar el aprendizaje. Limusa.
- Haro-Oña, L., Chamorro-Chuquín, M. M., Muñoz-Castillo, A., & Haro-Oña, M. (2023). Nuevos contenidos, nuevas competencias: Desafío ante la crisis de la educación superior en el Ecuador. *593 Digital Publisher CEIT*, 8(6-1), 66-84. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.6-1.2280>
- Lucas, M. G., & Suárez Muñoz, Á. (2010). El banco de recursos didácticos como eje clave en los procesos de enseñanza-aprendizaje. In *Campo Abierto* (Vol. 29, Issue 2). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3420425>
- Medina Morón, E. M., Salinas Rodríguez, M. I., & Vargas Zúñiga, M. P. (2025). Medios de Enseñanza que favorecen el Aprendizaje en Educación Superior. *RIDE Revista Iberoamericana*



Para La Investigación y El Desarrollo Educativo, 15(30).

<https://doi.org/10.23913/ride.v15i30.2341>

Matienzo, R. (2020). Evolución de la teoría del aprendizaje significativo y su aplicación en la educación superior. *Dialektika: Revista De Investigación Filosófica Y Teoría Social*, 2(3), 17 -

26. <https://journal.dialektika.org/ojs/index.php/logos/article/view/15>

Pérez Alarcón, S. (2010). Los Recursos Didácticos. Revista digital para profesionales de la enseñanza,9, 1-6. [https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2019/07/Recursos-](https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2019/07/Recursos-did%C3%A1cticos.pdf)

[did%C3%A1cticos.pdf](https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2019/07/Recursos-did%C3%A1cticos.pdf)

Rojas Matamoros, A., Salmerón Salmerón, A., & Guzmán Mercado, S. (2021). Medios, Recursos y Materiales Didácticos [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].

Repositorio UNAN. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/15630/1/15630.pdf>

Vargas Murillo, G. (2017). Recursos Educativos Didácticos en el Proceso Enseñanza Aprendizaje.

Revista Cuadernos,58(1)68-74. <https://bibliotecafment.umsa.bo/revista-cuadernos>

Villacreses Veliz, E., Lucio Pillasagua, A., & Romero Yela, C. (2016). Los recursos didácticos y el aprendizaje significativo en los estudiantes de bachillerato. *Sinapsis*,2(9), 1-17.

<https://doi.org/10.37117/s.v2i9>

Villanueva Morales, C., Ortega Sánchez, G., & Díaz Sepúlveda, L. (2022). Aprendizaje Basado en Proyectos: metodología para fortalecer tres habilidades transversales. *REXE -Revista de*

estudios y experiencias en educación,21(45) 433-

445.<https://www.rexe.cl/index.php/rexe/article/view/1130>

