

EFECTIVIDAD DE SECUENCIAS DIDÁCTICAS Y TÉCNICAS DE APRENDIZAJE ACTIVO EN CURSOS DE ELECTRÓNICA DIGITAL

J. A. Garza Garza¹
M Hinojosa Rivera²
A. Treviño Cubero³

RESUMEN

El presente estudio muestra los resultados de la aplicación de técnicas de aprendizaje activo, aprendizaje basado en proyectos y secuencias didácticas en un curso de Electrónica Digital. Además de las competencias específicas relativas a la disciplina, se busca aportar al desarrollo de las competencias o habilidades internacionalmente requeridas en el perfil de egreso de ingenieros, tales como la capacidad de diseñar y realizar pruebas, analizar e interpretar datos, así como la capacidad de diseñar sistemas, componentes o procesos para satisfacer necesidades cumpliendo restricciones realistas.

Se compara, en dos semestres consecutivos, el aprovechamiento de tres grupos contra un universo total de 15 y 16 grupos del mismo curso, con poblaciones de entre 20 y 40 estudiantes. Además de la evaluación académica orientada a medir el grado de desarrollo de la competencia prevista, se aplicaron encuestas de opinión.

En el enfoque aplicado, se estimula el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y se requiere que los estudiantes diseñen, elaboren y prueben un prototipo funcional, se utilizan recursos como videos y presentaciones que permiten al estudiante obtener la información, así como lograr el conocimiento y las habilidades para aplicación del método de diseño en un ambiente guiado sin la presencia física del profesor, todo ello enfocado a facilitar el desarrollo de la competencia de diseño de sistemas electrónicos digitales. Además del desarrollo de la competencia, se logra motivar a los estudiantes para que sean previsores y apliquen métodos de detección y corrección de fallas, verificando los resultados por medio de la simulación antes de la construcción del prototipo. Por otro lado, se aplican secuencias didácticas de actividades en sus etapas de familiarización, aprendizaje guiado y aprendizaje autónomo para que el estudiante logre desarrollar la competencia prevista.

El análisis mediante prueba de hipótesis de medias indica que se obtiene un mejor aprovechamiento con tasas de aprobación hasta 35 puntos superiores a la media del resto de 15 grupos, siendo esta diferencia estadísticamente significativa.

Los resultados sugieren que el uso de las TIC aporta valor, no sólo como herramienta de presentación de la información, sino como herramienta cognitiva para desarrollar competencias de diseño, además se destaca cómo los videos, presentaciones y una buena comunicación asíncrona con el maestro, todo en base a secuencias didácticas cuidadosamente planeadas, favorecen la aclaración de dudas, una mejor comprensión y el dominio del método de diseño.

ANTECEDENTES

Uno de los indicadores importantes que caracterizan los programas educativos es la eficiencia terminal. Para lograr los niveles deseables las instituciones despliegan una variedad de estrategias, impulsados por las cada vez mayores exigencias de los marcos de referencia de los organismos evaluadores y acreditadores. Pareciera obvio, pero es conveniente enfatizar que la eficiencia terminal final es influida, entre otros factores, por las tasas de aprobación de cada uno de los cursos del currículo correspondiente.

¹ Profesor y Secretario de Tecnologías de la Información de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. jagarza48@gmail.com.

² Profesor y Sub Director de Internacionalización de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. hinojosamoises@yahoo.fr.

³ Profesor y Sub Director Académico de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. cubero2005@yahoo.com.mx.

Por otro lado, hay que considerar que la actividad que realice el profesor dentro y fuera del aula, así como los recursos tecnológicos o no tecnológicos que se utilicen en cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje, lo realmente importante es la actividad que realiza el estudiante (Biggs, 2001 y Brent y Felder, 2016). Por lo que es conveniente considerar que si se encarga un mismo proyecto o problema a todo el grupo, muy probablemente sólo unos pocos alumnos aprenderán lo esperado de la actividad, mientras que los demás copiarán o buscarán en internet las soluciones, de modo que se puede tener un bajo aprendizaje logrado que se manifestará cuando se sometan a una evaluación, por lo que también se debe considerar a la evaluación como el principal indicador de la enseñanza-aprendizaje (Biggs, 2001).

En el caso de las ingenierías, una profesión eminentemente práctica, el uso de las TIC y la consideración en el sistema de evaluación los proyectos, puede favorecer el desarrollo de competencias.

Está claro que la alternativa a las metodologías tradicionales centradas en la exposición por parte del instructor son las técnicas de aprendizaje activo (Brent y Felder, 2016). De manera breve, éstas se fundamentan en el hecho de que el aprendizaje significativo se logra *haciendo* y que se desarrolla en etapas que configuran las llamadas secuencias didácticas (Martínez, Alonso; Monsiváis, Pérez, y Garza, Garza, 2014)

En la etapa de familiarización, el estudiante conoce el lenguaje propio de la materia, los conceptos, leyes y/o modelos que posteriormente le serán necesarios en una aplicación práctica. No se pretende aquí una simple memorización, sino que el aprendiz construya sus conocimientos y llegue a una comprensión profunda de los mismos para que logre manejar adecuadamente el lenguaje científico – técnico del tema en cuestión.

La segunda etapa, aprendizaje guiado del método, en ella, el estudiante debe dominar el método o procedimiento de aplicación para lo cual, el profesor mostrará primero el método y su aplicación en situaciones típicas para después plantear situaciones que el estudiante intentará resolver, aplicando el método propuesto, siempre guiado del profesor con un grado de supervisión en función de las necesidades del estudiante (ni mucha que no le permita actuar independientemente; ni tan poca que no le facilite la tarea cuando se detiene) y que debe ir disminuyendo a medida que se avanza en la etapa.

En la tercera etapa se orienta a la aplicación autónoma del método, esta etapa está orientada a que el estudiante aplique el método propuesto en la etapa anterior en forma autónoma e independiente, en situaciones nuevas, aplicando el conocimiento y mostrando el desempeño en toda su extensión.

En esta etapa se aspira a que el estudiante trabaje sólo e independiente y sólo acuda al profesor o a otros compañeros, cuando no pueda resolver la situación que se le presente.

Se puede apreciar en estas etapas una ampliación del concepto de currículo bimodal que distingue entre “Actividades de memorización comprensiva” y “Actividades prácticas de aplicación”, adaptado a Educación Superior y en particular a la formación de ingenieros, que

tiene un componente importante en actividades de diseño y aplicación con un gran peso de conocimientos de tipo teórico (Pere Marquès & Álvarez Cánovas, 2014).

Hay que considerar que el uso de videos da una ventaja extraordinaria para la Etapa de aprendizaje guiado del método, ya que el estudiante después de haber visto en clase la aplicación del método, puede repetir la explicación tantas veces como lo necesite y ver detalladamente cómo se realiza la aplicación práctica del método de diseño y se convierte en una guía valiosa para que pueda realizar en tiempo y forma la actividad que le fue encomendada (Garza Garza, Martinez Alonso, & Treviño Cubero, 2015).

Hay que tomar en cuenta que el estilo de aprendizaje predominante en estudiantes de ingeniería, en su mayor parte, son prácticos y comparten preferencias por el material concreto, los hechos y el seguimiento de procedimientos. Prefieren la presentación visual del material, tal como películas, cuadros, o diagramas de flujo y asimilan mejor una explicación mostrada visualmente que una oralmente presentada (Felder & Brent, 2005).

Por otra parte, el sistema de evaluación es un aliado del profesor para la motivación en el desarrollo y cumplimiento de las actividades, ya que el estudiante ve reflejados sus logros en puntos para acreditar el curso, el aprendizaje puede ser tan bueno como lo sean las actividades. El principio básico de la buena evaluación consiste, por tanto, en asegurar que la evaluación esté alineada con el currículo o con el programa (*syllabus*) de cada curso.

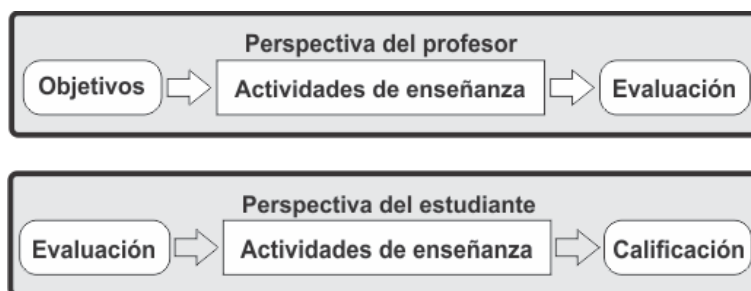


Figura 1. Diferentes perspectivas acerca del sistema de evaluaciones

La Figura 1 muestra las diferentes perspectivas acerca de la evaluación por parte del profesor y del estudiante (Biggs, 2001), se puede observar que el profesor, desde su óptica, planea cómo lograr los objetivos por medio de las actividades de enseñanza y establece un sistema de evaluación dependiendo el desempeño del estudiante para emitir un juicio de valor como calificación final del curso, mientras que el estudiante muy probablemente decida en base al sistema de evaluación, qué actividades le conviene realizar para lograr una calificación aceptable; por esta razón, el sistema de evaluación propuesto debe de lograr que el estudiante realice todas las actividades, ya que cada una de ellas tienen un propósito formativo y por medio de ese aprendizaje lograr en tiempo y forma el proyecto final con el cual demuestra la competencia prevista en el curso.

El presente trabajo está dirigido a evaluar la efectividad de las secuencias didácticas por medio del aprendizaje activo con el apoyo de las TIC, especialmente el uso de los videos y presentaciones realizados con el propósito de apoyar la construcción del conocimiento y por

ende el desarrollo de las competencias relacionadas con el diseño práctico en una asignatura de Electrónica Digital I para ingenieros. El estudio fue desarrollado en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) en México.

METODOLOGÍA

La asignatura de Electrónica Digital I se clasifica dentro las ciencias de la ingeniería, de acuerdo a los marcos de referencia de organismos como el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C. (CACEI) en México. En la FIME se imparte en los programas educativos de Ingeniero en Electrónica y Automatización, Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones e Ingeniero en Mecatrónica.

La competencia a desarrollar es la primera etapa del Diseño de Sistemas Electrónicos Digitales binarios con base en los fundamentos teóricos y prácticos del Álgebra Booleana y aplicando métodos de diseño para los sistemas Combinacionales y Secuenciales, utilizando herramientas computacionales, analíticas e instrumentación para construir prototipos con dispositivos de función fija y programable, documentar el diseño y verificar su correcto funcionamiento.

Para el logro de la competencia prevista en el curso se realizó una planeación de sesiones de clase, actividades de evaluación en el semestre que consta de 40 a 42 sesiones presenciales de 50 minutos, tres veces por semana, para lo cual se realizó el diseño de actividades en secuencias didácticas.

La planeación del curso con respecto a la distribución de los tiempos disponibles para el lograr el desarrollo de la competencia prevista y de ahí diseñar y programar las actividades, así como su respectiva evaluación. En este curso se diseñaron catorce actividades (seis actividades formativas y ocho proyectos formativos), además de 2 exámenes (medio término y final) y un proyecto final, se diseñó además un examen sorpresa con coevaluación con la intención de que los estudiantes se familiaricen con el lenguaje de las diferentes formas de representar las funciones booleanas. En las Figuras 2 y 3 se muestran los planeadores correspondientes a los semestres enero junio y agosto diciembre 2016.



Figura 2. Planeador de actividades del semestre Enero - Junio 2016

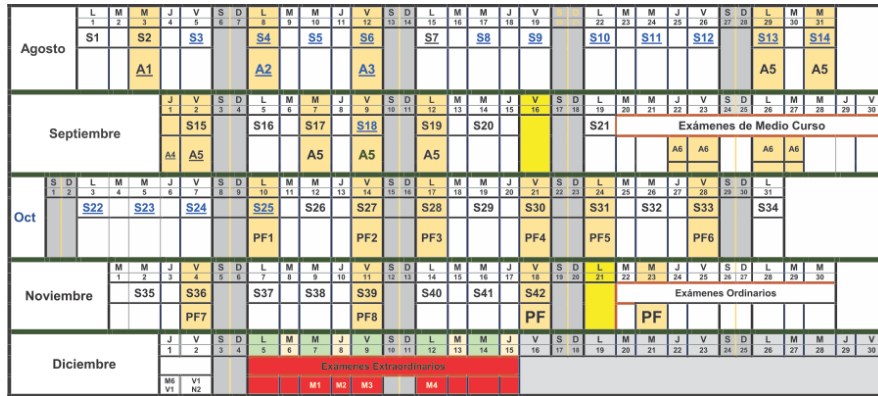


Figura 3. Planeador de actividades del semestre Agosto - Diciembre 2016

Las actividades diseñadas en secuencias didácticas para el logro de la competencia prevista en los semestres enero – junio y agosto diciembre del 2016 clasificadas cronológicamente e indicado la etapa que pertenecen cada una de ellas (F= Familiarización, AG= aprendizaje guiado, AA= aprendizaje autónomo) se muestran en la Tabla 1.

No	Actividades	Etapa
1	Investigación sobre la definición de Sistemas Digitales	F
2	Ejercicios de conversión entre Sistemas numéricos	F
	Examen sorpresa de la diferente representación de las funciones booleanas	F
3	Implementación de un prototipo partiendo de los minitérminos o maxitérminos	AG
4	Simplificación de funciones Booleanas (pizarrón)	F,AG
5	Guía de estudios del examen de medio término	F,AG
6	Examen de medio curso	AA
7	Diseño e implementación física del problema del examen de medio curso	AG
8	Diseño y construcción de un el Multiplexor de 8 a 1 línea en un PLD	AG
9	Prototipo del Sumador o Comparador de 2 números de 8 bits (cascada) con circuitos TTL	AG
10	Diseño y construcción de Prototipo del Decodificador de BCD a 7 Segmentos	AG,AA
11	Diseño y construcción de Prototipo del Convertidores de Código	AG
12	Diseño y construcción de 2 Generadores de pulso de sincronía (Manual y automático)	AG
13	Diseño y construcción de Prototipo del Secuencia de luces diseño secuencial	AG,AA
14	Diseño y construcción de Prototipo del Contador con Display	AG,AA
15	Proyecto Final diseño y construcción de un sistema secuencial síncrono PF	AA
16	Examen final EF	AA

Es importante considerar la carga académica del estudiante, por lo que parte de la planeación consiste en distribuir las actividades durante el semestre en que se cuenta con 14 semanas de clase y dos semanas para la aplicación de examen como se muestra en la Tabla 2.

1	2	3	4	5	6	7	E	8	9	10	11	12	13	14	PF	EF
Actividades								Proyectos Formativos								
F	F	AG					AA		AG					AA		

El sistema de evaluación sumativa para este curso tiene el propósito de que el estudiante demuestre el logro de la competencia prevista por medio de un proyecto final, que consiste en un diseño y construcción de un prototipo de un sistema secuencial síncrono, en forma individual, aplicando el método de diseño visto en clase y a través de los videos de la página web del maestro (Garza, Electrónica Digital y Sistemas Digitales, 1998) y además mantener motivado al estudiante preparándolo y orientándolo por medio de los proyectos formativos.

Criterios de evaluación sumativa	
Actividad	Puntos
Examen de Medio curso	20
Examen Final	25
Actividades /6	15
Proyecto Final	40
Suma	100
Proyectos Formativos /8	10

1	2	3	4	5	6	7	E	8	9	10	11	12	13	14	PF	EF
Actividades 6							20	Proyectos Formativos							40	25
15								10 adicionales								

En el sistema de evaluación mostrado en las Tablas 3 y 4, se puede observar que el estudiante puede demostrar el logro de la competencia prevista en el curso por medio del proyecto final, que tiene una ponderación alta de 40 puntos, esto obliga a realizarlo para acreditar el curso. Por otro lado, en la primera parte del curso solo se tienen 35 puntos de 100 y en la parte final del curso los restantes 65, esto da lugar a que si el estudiante no tiene resultados satisfactorios en la primera parte, pueda recuperarse y aprender de sus errores y además por medio de los proyectos formativos recuperar una parte de la calificación (10 puntos) y con ellos prepararse para realizar el proyecto final, ya que el propósito de los proyectos formativos es que se desarrollen habilidades y conocimientos en un aprendizaje guiado para que sean capaces de realizar en tiempo y forma el proyecto final, que es la mayor parte de la calificación del curso, esto mantiene motivados y siempre con la expectativa de lograr la calificación esperada.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La efectividad de las secuencias didácticas y el uso de las TIC en el curso se miden a partir del porcentaje de estudiantes aprobados en el semestre, siendo un indicador de eficiencia terminal, comparados con los resultados obtenidos en los demás cursos del mismo semestre en el semestre EJ, la muestra de comparación fue de 16 grupos con un total de 338 estudiantes contra tres grupos impartidos por el maestro con 91 estudiantes y en el semestre AD del mismo año se tienen 16 grupos con 539 estudiantes contra 3 grupos de 62 estudiantes (véase Figura 4).

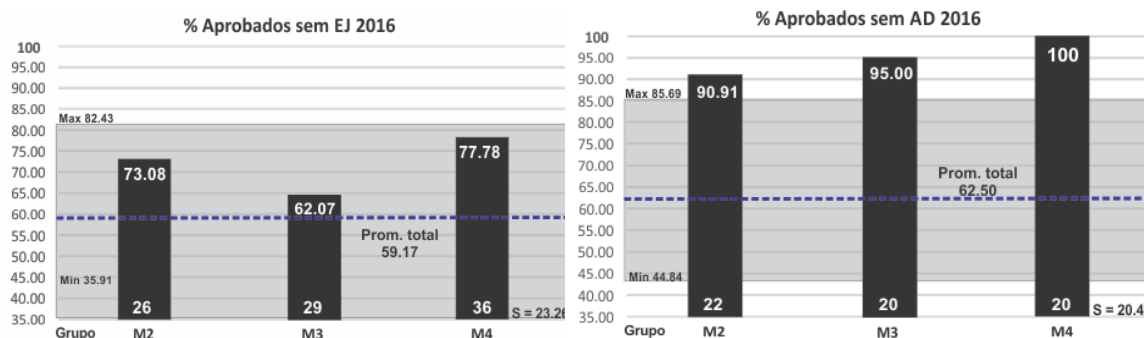


Figura 4. Resultados de % de aprobados en los semestres enero - junio y agosto - diciembre 2016

Para el semestre agosto diciembre se incluyeron más videos para la parte de aprendizaje guiado y los resultados en el mejoraron sustancialmente (Garza, Electrónica Digital y Sistemas Digitales, 1998).

Para valorar la validez estadística de los resultados obtenidos, se efectuó una prueba de hipótesis de medias para muestras pequeñas ($n < 30$), usando la distribución t de Student con nivel de significancia de 0.01. La hipótesis nula considera que no existe diferencia significativa entre los porcentajes de aprobación. Los resultados resumidos en la Tabla 5 indican que para el semestre EJ2016, si bien existe una considerable diferencia entre los promedios de porcentajes de aprobación (18 puntos porcentuales), la dispersión medida por la desviación estándar es alta para ambas poblaciones, lo cual influye para que se obtenga un valor t tal que no es posible rechazar la hipótesis nula al nivel de significancia de 0.01. No obstante, para el semestre AD2016, Tabla 6 en el que se implementaron las mejoras mencionadas arriba, los resultados indican que existe una mayor diferencia entre los promedios de porcentajes de aprobación (37 puntos porcentuales), acompañada de una menor dispersión, particularmente baja para los grupos de estudio; como consecuencia, se obtiene un valor de t tal que permite rechazar la hipótesis nula, por lo que es posible afirmar que la diferencia en los valores del promedio de tasa de aprobación es significativamente diferente, esto es, se puede afirmar con 99% de certeza estadística que los métodos y mejoras implementados en el semestre AD2016 resultaron en tasas de aprobación significativamente superiores en 37 puntos porcentuales, demostrando la efectividad de la metodología de aprendizaje activo empleado.

Tabla 5. Distribución t de Student para el semestre enero junio 2016

	n	% aprobación promedio	Desviación estándar
Grupos de estudio	3	67.52	13.88
Otros grupos	12	49.52	24.00
$t_{0.005} = 3.012$		$t = 1.22$: No se puede rechazar la hipótesis nula.	

Tabla 6. Distribución t de Student para el semestre agosto diciembre 2016

	n	% aprobación promedio	Desviación estándar
Grupos de estudio	3	95.30	4.55
Otros grupos	13	58.33	15.50
$t_{0.005} = 2.97$		$t = 3.99$: Se rechaza la hipótesis nula	

También se tomó en cuenta la opinión de los estudiantes por medio de una encuesta anónima y voluntaria aplicada al final del curso, Tabla 7 para que opinen de los diferentes aspectos del curso y en particular para este estudio sobre las actividades realizadas, la pregunta específica es: “Califica según tu criterio la utilidad de cada una de las actividades” en una escala de 5 a 0 con las opciones, Muy Útil (5), Útil (4), Moderada (3), Poco necesaria (2) e Innecesaria (1), en los dos semestres en cuestión se recolectaron un total de 116 muestras. Para aplicar lo anterior se recurrió al servicio vía web de <https://www.encuestafacil.com/> en donde los estudiantes acceden en forma anónima y voluntaria. El éxito de esta estrategia lo manifiestan también las 82,000 visitas a la página web, <http://jagarza.fime.uanl.mx/en> en los periodos evaluados.

1	Investigación sobre la definición de Sistemas Digitales	4.2
2	Ejercicios de Sistemas numéricos	4.3
3	Implementación de minitérminos o maxitérminos	4.3
4	Simplificación de funciones Booleanas (pizarrón)	4.6
5	Guía de estudios del examen de medio término	4.6
7	Solución del examen de medio curso y su implementación	4.6
8	Multiplexor de 8 a 1 línea	4.5
9	Sumador o Comparador de 2 números de 8 bits (cascada)	4.1
10	Decodificador de BCD a 7 Segmentos	4.7
11	Convertidores de Código	4.4
12	Pulso de sincronía manual y automático Clk	4.8
13	Secuencia de luces	4.8
14	Contador con display.	4.9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando las metodologías implementadas y el análisis de los resultados obtenidos es posible concluir que las técnicas de aprendizaje activo desplegadas en los grupos de estudio propician un mejor desempeño del estudiante y una mayor calidad del aprendizaje y desarrollo de competencias. Los resultados obtenidos son estadísticamente significativos y hacen posible afirmar con 99% de certeza que las tasas de aprobación del curso de Electrónica Digital I son 37 puntos porcentuales superiores en los grupos estudiados y comparados contra 15 grupos, donde no aplicaron las metodologías descritas. Por ello, es plausible recomendar el uso de una combinación de metodologías como las descritas, en cursos del área curricular de ciencias de la ingeniería, se recomienda particularmente documentar la metodología y los resultados obtenidos para su posterior análisis estadístico.

En la evaluación la efectividad de las secuencias didácticas por medio del aprendizaje activo con el apoyo de las TIC para posibilitar el desarrollo de las competencias previstas en un curso de electrónica digital, se debe considerar los indicadores que se resaltan para medir el éxito de la propuesta, son los aprendizajes y el rendimiento académico y motivación de los estudiantes tales como:

1.- Reducción de estudiantes en riesgo del fracaso escolar, 2.- Mejora significativa en el número de estudiantes aprobados en el curso apoyando el incremento de la eficiencia terminal, 3.- Mejora en la calidad de los aprendizajes, 4.- Mejoras en el desarrollo de la competencia digital de los estudiantes.

A manera de conclusión se puede decir que las actividades en secuencias didácticas son de gran ayuda y motivación para que el estudiante logre la competencia esperada y se demuestra que los videos disponibles en la página web, en la etapa de aprendizaje guiado, han podido orientar a los estudiantes para que sean capaces de dominar el método de diseño y demostrar su competencia en el proyecto final habiendo logrado el aprendizaje autónomo.

Estos resultados son satisfactorios y permiten evaluar la aceptación de la propuesta y mejora del proceso de enseñanza aprendizaje y adaptándolos a las nuevas exigencias de los egresados de ingeniería.

Por otro lado, se puede asegurar que este método de enseñanza propicia que los estudiantes sean previsores entregando los proyectos propuestos antes de la fecha señalada, verifiquen y simulen los resultados antes de la implementación física aprendan a documentar los resultados obtenidos, aplicar los conocimientos adquiridos en forma práctica, en lograr un aprendizaje autónomo y planear sus actividades durante el semestre, que es parte del perfil deseable de todo ingeniero.

BIBLIOGRAFÍA

- Biggs, J. (2001). *Teaching for Quality Learning at University: What the Learner Does*. London: Open University Press.
- Felder, R. y Brent, R. (2005). Understanding student Differences. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 57 - 72.
- Felder, R. M. y Brent, R. (2016). *Teaching and Learning STEM*.
- Garza, J. A. (1998, febrero 20). *Electrónica Digital y Sistemas Digitales*. Recuperado el 28 de febrero de 2017, de <http://jagarza.fime.uanl.mx/>
- Garza Garza, J. A., Martínez Alonso, G. F., & Treviño Cubero, A. (2015, abril). EL VALOR AÑADIDO POR LAS TIC A LA FORMACIÓN DE COMPETENCIAS EN. (D. P. (UAB), Ed.) *Didáctica, Innovación y Multimedia (DIM)*, 11(31), 13. Recuperado: febrero 28, 2017, de <http://dimglobal.net/revistaDIM31/revistanew.htm>
- Garza, J. A., Martínez Alonso, G. F., & Treviño Cubero, A. (2015, julio). Actividades en secuencias didácticas para el desarrollo de competencia en los sistemas electrónicos digitales. *ANFEI DIGITAL*, 2(3), 1-10. Recuperado de www.anfei.org/revista
- Martínez Alonso, G. F.; Monsiváis Pérez, A. y Garza Garza, J. Á. (2014). *Secuencia de Actividades para el Desarrollo de Competencias en un Curso de Física para ingenieros*. Ponencia presentada en la XLI Conferencia Nacional de Ingenierías, Puebla, México: Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI).
- Pere Marquès, G., & Álvarez Cánovas, I. (2014). El currículo bimodal como marco metodológico y para la evaluación. Principios básicos y mejoras obtenidas en aprendizajes y rendimiento de los estudiantes. *Educar*, 50(1), 149 - 166.