

# Diseño Instruccional para la enseñanza de la programación de computadoras a estudiantes de Ingeniería Mecatrónica de la UES.

Curiel Aguirre Fernando<sup>1</sup>, Jiménez López Eusebio<sup>2</sup>, Santiago Sandoval Martha Lorena<sup>3</sup>, González Gutiérrez Luz María<sup>4</sup>, Olmos Lomas Valeriano<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Universidad Estatal de Sonora  
Km 6.5 Carretera a Sonoyta, 83400, San Luis R.C., Sonora  
[fernando.curiel@ues.mx](mailto:fernando.curiel@ues.mx)

<sup>2,4</sup> Universidad La Salle Noroeste-CIAAM UTS-IIMM

## Resumen

*La Mecatrónica es una disciplina que se ha destacado de otras ingenierías, pues los productos que genera son altamente especializados y para su diseño, se requiere de la integración y la sinergia de varios campos del conocimiento, principalmente de la Mecánica, Electrónica y Computación. La Mecatrónica es un campo de estudio relativamente nuevo en México, razón por la cual diversas universidades han aperturado la Carrera de Ingeniería Mecatrónica (CIM). Actualmente, los planes de estudio de la CIM se han estado diseñado con el enfoque por competencias. En este artículo se presenta una propuesta de Diseño Instruccional (DI) para la enseñanza de la programación de computadoras en la CIM en la Universidad Estatal de Sonora (UES). Se describe el modelo Educativo Enfocado en el Aprendizaje y las Competencias del Estudiante (ENFACE) diseñado por UES. Se presenta la aplicación de la metodología activa Aprendizaje Basado en Proyectos (ABProy) en la sistematización del diseño curricular del programa de estudios de la CIM en UES.*

**Palabras clave:** Diseño Instruccional, Metodologías Activas, Aprendizaje Basado en Proyectos.

## 1. Introducción

La Ingeniería Mecatrónica (IM) es una disciplina relativamente joven con respecto a disciplinas o áreas de estudio existentes como la electrónica, la mecánica, la matemática, entre otras. Las áreas del conocimiento que integran la Ingeniería Mecatrónica han existido durante años e incluso siglos. La esencia de los dispositivos mecatrónicos radica principalmente en que su desarrollo se basa en la combinación sinérgica de las ingenierías mecánica, electrónica, de control y las ciencias computacionales. Para estar acorde con la implementación de nuevas carreras de ingeniería en México, la Universidad Estatal de Sonora (UES) promueve e implementa acciones enfocadas a ofrecer el Programa de Estudio (PE) de Ingeniería Mecatrónica, iniciando en el ciclo 2014-2 en las Unidades Académicas (UA) de San Luis Río Colorado y Hermosillo, Sonora, México, con el objetivo de formar recursos humanos altamente capacitados para desarrollar proyectos que impliquen la utilización de la Ingeniería Mecatrónica.

El presente trabajo, tiene el propósito de establecer las bases y los antecedentes históricos que dieron origen a la Ingeniería Mecatrónica desde antes de acuñarse el término, pasando por desarrollos relacionados con esta área y estableciendo una relación directa con los sistemas de automatización, la teoría del control, los dispositivos electrónicos, las tecnologías de información y comunicación, los sistemas embebidos y muchos otros desarrollos tecnológicos que día a día se van sumando a los recursos, herramientas y competencias que todo ingeniero mecatrónico debe poseer. Posteriormente, se abordarán las propuestas presentadas a los cuerpos académicos y a la comisión de diseño y revisión curricular del PE de Ingeniería Mecatrónica de la UES en relación con las competencias genéricas y los resultados de aprendizaje necesarios para cubrir las necesidades específicas que la industria requiera. Actualmente, diversas empresas requieren contar con ingenieros mecatrónicos que posean habilidades de programación de computadoras y de sistemas embebidos orientados al diseño de dispositivos mecatrónicos, con altos estándares de calidad y sentido de responsabilidad, y que sean capaces de utilizar recursos tecnológicos de avanzada y apegados a las normas y estándares internacionales con el fin de satisfacer las necesidades que su entorno exige.

La metodología propuesta en este trabajo consiste en describir un análisis del nivel de integración que los sistemas mecatrónicos presentan con relación a los lenguajes de programación y a los sistemas embebidos, sustrayendo de este análisis las competencias genéricas y los resultados de aprendizaje que el estudiante debe desarrollar a lo largo de su carrera. En base a lo anterior, se elabora una propuesta de los contenidos mínimos deben integrar en asignaturas como: Tecnologías de Información y Comunicaciones (Tics), Lenguajes de Programación, Microcontroladores, Redes de Comunicación Industriales y PLCs.

## 2. Antecedentes

Para establecer un punto de partida en el desarrollo y la propuesta del programa de Ingeniería Mecatrónica en UES, es necesario analizar el origen de la Mecatrónica, su evolución y desarrollo en México, así como sus relaciones con los diferentes enfoques y modelos educativos.

### A. Origen de la Ingeniería Mecatrónica.

La Ingeniería Mecatrónica desde una perspectiva relacionada con la automatización ha existido desde años inmemorables. Algunos de los primeros sistemas aparecieron en Grecia en el año 300 A.C. y desde entonces se han desarrollado y perfeccionado de las distintas disciplinas que la Ingeniería Mecatrónica engloba. Sin embargo, una de las etapas más importantes que da pauta para el surgimiento de la mecatrónica moderna, es sin duda el desarrollo del microprocesador en 1960. Así nace el control computarizado que sumado al control numérico clásico, dan origen a los sistemas CNC, los cuales fueron y son utilizados en el diseño y fabricación de aeronaves. Cohetes, misiles, sondas espaciales y satélites, son sistemas complejos implementados gracias a la teoría del control moderna. Trabajos como los métodos de control en el dominio del tiempo, desarrollados por Liapunov, Minorsky y otros, han contribuido al perfeccionamiento de este importante campo de la ingeniería. Los avances en semiconductores fueron de gran importancia en el desarrollo de sistemas integrales que incorporan subsistemas electrónicos y mecánicos. En el año 1969 la empresa japonesa Yaskawa Electric Co. acuña el término de *mecatrónica* para representar los “sistemas integrales”. En 1972 se le otorga a la empresa Yaskawa el derecho reservado del término Mecatrónica pero debido a su amplio uso, en 1982 fue posible utilizar el término libremente [1].

En 1970 la Japan Society for the Promotion of Machine Industry (JSPMI) clasifica los productos mecatrónicos en cuatro categorías. Las características de estos dispositivos van desde sistemas principalmente mecánicos con adecuaciones electrónicas básicas hasta sistemas tradicionalmente mecánicos con importantes implementación electrónicas, sistemas que conservan funcionalidad de un sistema mecánico pero que internamente se sustituyen por

subsistemas electrónicos y sistemas diseñados a través de un proceso de integración sinérgica [2].

Con respecto a la área académica, la mecatrónica hizo su aparición en la primera revista arbitrada "Transactions on Mechatronics", publicada por IEEE/ASME y donde surgió el concepto de mecatrónica, definiéndola como: *La combinación sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, el control electrónico y los sistemas inteligentes para el diseño de productos y procesos de manufactura.*

Por otro lado, los Estados Unidos de América (EUA) es uno de los pocos países que han estado integrando temas del área mecatrónica, ya que ha realizado estudios serios en cuanto a la pertinencia de la asignatura mecatrónica en los planes de estudio regulares y las competencias genéricas a desarrollar en estudiantes de nivel bachillerato y licenciatura [3].

### *B. La Ingeniería Mecatrónica en México.*

En México, la educación en Ingeniería Mecatrónica se aborda a finales de los años ochenta, cuando algunas universidades comienzan a integrarla como asignatura en Planes de Estudios (PE) relacionados con manufactura, mecánica, electrónica, entre otras. Para 1990, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Anáhuac del Sur (UAS) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN), ofrecen las primeras asignaturas orientadas a la enseñanza del concepto de la mecatrónica en sus PE de licenciatura y posgrado. Posteriormente, en 1994 la UAS y en 1997, la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA) del IPN, ofrecen por primera vez, la licenciatura en Ingeniería Mecatrónica en México. A finales de los noventa otras cuantas universidades comienzan a ofrecer el PE de Ingeniería Mecatrónica a nivel licenciatura como el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) en 1997 y desde el 2000 los programas de Maestría y Doctorado en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica.

Actualmente no existe legislación apropiada para la normalización de la actividad relacionada con la Ingeniería Mecatrónica. Sin embargo, el Comité de Normalización de Competencia Laborales (CONOCER) menciona algunas relacionadas con la Industria Electrónica y desarrolló la Norma Técnica de Competencia Laboral aplicada al ensamble de equipos con características mecatrónicas, la cual se limita exclusivamente a la descripción de las competencias básicas que el trabajador debe tener para desempeñar actividades de ensamble y preparación de los componentes mecatrónicos.

### *C. Surgimiento de la Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Estatal de Sonora.*

La Universidad Estatal de Sonora inicia en 1980 como Universidad de San Luis Río Colorado en ese mismo estado, quedando adscrita a la Universidad de Sonora (UNISON) y ofertando carreras de: Contaduría Pública, Administración de Empresas, Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial y Agronomía con una planta docente de 24 profesores y una población de 300 alumnos. Tres años después, mediante la ley número 28, decretada por el gobierno del estado de Sonora, la Universidad de San Luis Río Colorado se separa de la UNISON para convertirse en el Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES). En 1993 inician los PE de Ingeniería Industrial en Electrónica. En los próximos 5 años, el CESUES se fortalece con la implementación de su programa educativo de posgrado con la Maestría en Administración, con sede en San Luis Río Colorado y la puesta en marcha de nuevas Unidades Académicas (UA) en otras ciudades como Magdalena y Villa de Juárez, Sonora. En el 2005, parte de planta de maestros adscritos a los PE de Ingeniería Industrial e Ingeniería Industrial en Electrónica, cursan la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, impartida por el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme (ITESCA). En 2012 el CESUES se convierte en la Universidad Estatal de Sonora (UES) por decreto gubernamental, también en este mismo año comienzan los trabajos de reestructuración para los PE de Ingeniería Industrial e Ingeniería Industrial en Electrónica, los cuales a partir del ciclo 2014-2 se convertirían en los PE de Ingeniería Industrial en Manufactura e Ingeniería Mecatrónica respectivamente [4].

### 3. Modelo ENFACE de la UES

La Universidad Estatal de Sonora (UES) tiene como misión: contribuir al progreso social del país, atendiendo las prioridades del desarrollo integral del estado de Sonora por medio de sus funciones de docencia, investigación, extensión del conocimiento y difusión de la cultura, además de formar a los estudiantes con programas dirigidos a lograr un sólido conocimiento disciplinario y práctico de la profesión, así como al fomento de actitudes que fortalezcan la conciencia de nacionalidad, el pensamiento solidario con el bien social y una visión creativa e innovadora.

Acorde con el compromiso de innovación que la UES promueve, se crea el modelo Educativo Enfocado en el Aprendizaje y las Competencias del Estudiante (ENFACE), que trasciende de un modelo basado en la acumulación de información a otro fundamentado en la actitud permanente y activa de aprendizaje [5]. El modelo educativo ENFACE se basa principalmente en tres ejes los cuales se muestran en la Figura 1.

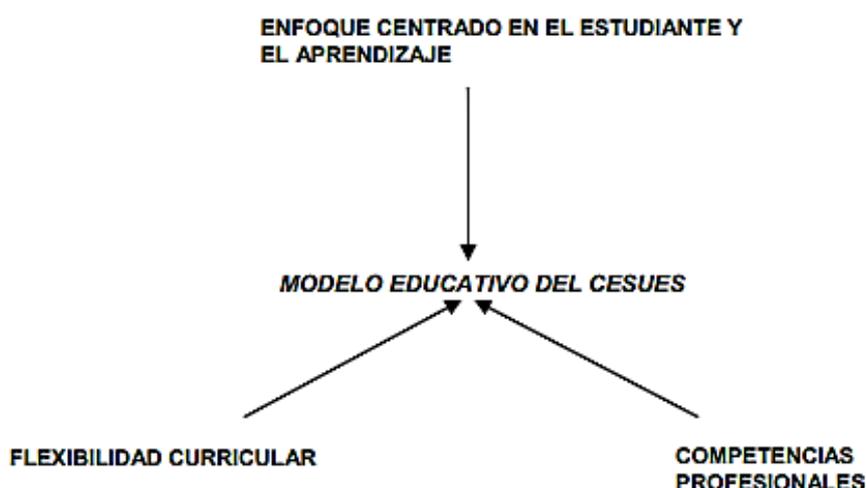


Figura 1. Modelo educativo del CESUES

#### A. Flexibilidad curricular y académica administrativa.

La flexibilidad en el modelo educativo determina las opciones por las que se incorporan progresivamente los procesos operativos, diversos elementos académicos y administrativos que están orientados a garantizar condiciones favorables al ingreso, permanencia y egreso de los jóvenes. Su expresión se logra en aspectos operacionales como lo son: Perfiles de egreso y trayectorias de formación diversas, selección de parte de la trayectoria de formación y planificación del tiempo de egreso a conveniencia del estudiante con opciones de movilidad tanto interna como externa y atribución de créditos a las carreras o Programas de Estudio ofertados.

#### B. Formación basada en competencias profesionales.

El modelo educativo ENFACE integra el Aprendizaje Basado en Competencias (ABC) como uno de sus tres ejes entendiéndose como competencia profesional, a la capacidad de un sujeto para realizar una actividad profesional a partir de la integración de los conocimientos, habilidades, actitudes y valores requeridos en tal actividad, considerando ciertos parámetros deseables en su ejecución. En el marco de referencia de Tuning a esta capacidad se les llama *resultados del aprendizaje*. Los resultados del aprendizaje pueden definirse como afirmaciones de lo que se espera que deba saber, comprender y/o ser capaz de demostrar un estudiante después de haber completado un programa de aprendizaje [6]. Los programas educativos de la UES están diseñados con base en dos niveles de competencias:

- Genéricas. Competencias que corresponden con las propuestas por el TUNING (instrumentales, interpersonales y sistemáticas).
- Específicas. Competencias propias de cada programa educativo, derivadas de los requerimientos disciplinarios y contextuales de las profesiones.

#### C. *Enfoque educativo centrado en el estudiante y el aprendizaje.*

La aplicación de este enfoque en el proceso de Enseñanza Aprendizaje (EA) permite que el estudiante adquiera conocimientos y experiencias propias de su formación profesional, pero además, también desarrolla habilidad cognitiva de “aprender a aprender”. Este eje también describe cuatro características que deben integrarse al enfoque centrado en el estudiante y el aprendizaje como lo son:

- Integración de las NTIC’s con la intención de promover el aprendizaje significativo en base al uso y aprovechamiento de las tecnologías disponibles.
- Aplicación de metodologías y técnicas, como son el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el método de casos, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABProy), Aprendizaje Basado en Prototipos Rápidos, entre otros, resaltando la característica de centrarse en el estudiante y en el aprendizaje significativo, incorporando el desarrollo de estrategias cognitivas, con la finalidad de posibilitar la eficiente integración, retención y transferencia de conocimiento, elevar la motivación del estudiante, estimular su capacidad para identificar problemas y ofrecer soluciones adecuadas.
- Estrategias de enseñanza basadas en la modificación de secuencias de contenidos de estudio, ordenándolos a partir de las exigencias de la industria, con base en problemas que den lugar a investigaciones y permitan integrar contenidos de una o más disciplinas y mediante la utilización del aprendizaje en diversos contextos sociales, profesionales o personales.
- Fortalecimiento de las estrategias de enseñanza, concebidas como las acciones que desarrolla el facilitador para seleccionar, organizar y presentar los contenidos de la asignatura que imparte de manera que incidan en forma directa e indirecta en el aprendizaje de los estudiantes.

## 4. Modelos de Diseño Instruccional (DI).

El desarrollo de un Programa de Estudio en particular implica una serie de tareas relacionadas de manera sistémica. Las tareas pueden conceptualizarse a través de modelos los cuales contienen diferentes fases del proceso EA. Los modelos de DI datan de 1960 y existen un gran número de ellos [7]. Sin embargo, la mayoría de estos modelos, incorporan cinco fases. Dichas fases son: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación, también conocidas como ADDIE.

#### A. *Modelo ADDIE.*

El modelo de DI ADDIE, está basado en la aproximación “en cascada” que se da al proceso de EA y que asume una “construcción lineal” de las competencias en los estudiantes (ver Figura 2).



**Figura. 2 Modelo ADDIE**

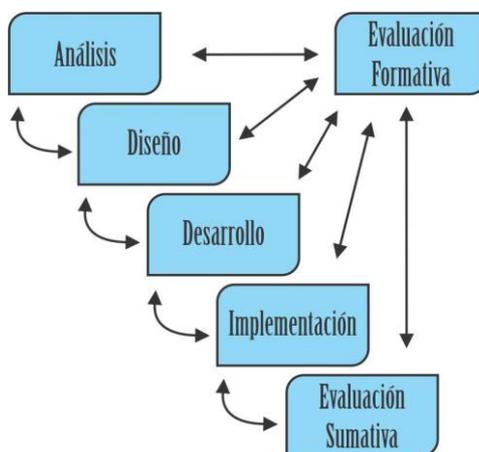
Análisis: El DI tiene como base analizar los resultados del aprendizaje que se pretenden alcanzar en relación al PE de Ingeniería Mecatrónica de la UES, tomando en cuenta las fortalezas y oportunidades en cuanto a infraestructura, recursos académicos y perfiles de los estudiantes y de la planta docente.

**Diseño:** Esta fase implica la utilización de los resultados de la fase de análisis, con la finalidad de diseñar estrategias de EA que den solución a las oportunidades encontradas y al uso eficiente de los recursos disponibles.

**Desarrollo:** En esta fase se generan los planes de clase involucrando las secuencias didácticas y las características específicas del grupo de estudiantes objetivo. También durante esta fase se desarrolla la instrucción, los medios que serán utilizados y cualquier documento de apoyo como manuales del curso y de prácticas, incluyendo hardware y software cumpliendo con las características de la instrucción basada en la computadora.

**Implementación:** Esta fase se refiere específicamente a la acción de instrucción en el salón de clases, incluso en ambientes virtuales. Se debe proporcionar de manera eficiente la instrucción, promoviendo la comprensión del material por parte de los estudiantes y el facilitador debe asegurar el dominio de los objetivos y la transferencia de conocimiento en el contexto del Programa Educativo.

**Evaluación:** En esta fase se mide la eficiencia de la instrucción, sin embargo, acorde con el modelo ENFACE, es necesario que la evaluación esté presente durante todo el proceso del DI dentro, entre y después de cada una de las fases. La evaluación debe ser formativa y sumativa (ver Figura 3).



**Figura. 3 Modelo ENFACE**

#### **B. Modelo ASSURE**

El modelo ASSURE hace referencia por sus siglas en inglés a seis fases relacionadas con el DI. Dichas fases proporcionan información acerca de las características que los estudiantes deben dominar por medio de la fase “Analyse Learners”. La fase “State Objectives” trata de los resultados de aprendizaje con los que el estudiante debe contar al finalizar la Instrucción. La fase “Select Media and Material” establece una lista de estrategias, tecnologías e infraestructura necesarias para alcanzar los objetivos del Programa de Estudios. La fase “Utilize Media and Materials” está relacionada con la utilización de tecnologías y estrategias de EA elegidos en la fase anterior. La fase “Require Learner Participation” fomenta la participación de los estudiantes a través de estrategias de EA activas y cooperativas. Por último, la fase de “Evaluation and Revise” proporciona retroalimentación acerca del avance formativo del estudiante, llevando esto a una reflexión profunda que promueva un cambio de estrategias de EA en caso de ser necesario [8]. Los seres humanos adquieren reglas conductuales que conforman habilidades, las cuales facilitan llevar a cabo operaciones simbólicas de diversos tipos: utilizar el lenguaje, resolver problemas matemáticos, componer y ejecutar música, interactuar con otras personas, etc. El conocimiento de estas reglas (conocimiento procedimental) implica una ejecución altamente precisa y predecible, mientras que el poseer conocimiento declarativo implica poder enunciar el significado de un conjunto de ideas y construir conocimiento en función de él [9].

## 5. Lenguajes de programación para el PE de Ingeniería Mecatrónica (objetivos)

Las competencias pueden diferir entre una disciplina y otra. Para elaborar programas transparentes y comparables a nivel latinoamericano, es necesario conseguir resultados del aprendizaje y competencias para el PE de Ingeniería Mecatrónica. La definición de estas competencias es parte del trabajo académico que el facilitador realiza en conjunto con las academias y los diferentes departamentos administrativos de la universidad. Definir competencias y resultados del aprendizaje apropiadamente, hace posible garantizar la calidad, y una evaluación interna a nivel nacional e internacional [10]. Las competencias genéricas relacionadas con el PE de Ingeniería Mecatrónica versus competencias específicas del programador de computadoras, deben ser un referente para el DI de la asignatura de Lenguajes de Programación (LP). A continuación se listan las competencias genéricas que se relacionan con la asignatura de Lenguajes de Programación y transversalmente con el PE de Ingeniería Mecatrónica.

- *Competencias genéricas y específicas del PE de IM.*

Las competencias genéricas mostradas en la Tabla 1, propuestas para el PE de IM, se relacionan con las competencias genéricas de todas las ingenierías y se dividen en instrumentales, interpersonales y sistémicas.

Las competencias específicas del Programa Educativo de Ingeniería Mecatrónica de la UES, son producto de una extensa investigación tanto bibliográfica como de campo. En la Tabla 1 se puede observar la relación que guardan las competencias específicas del PE de IM con las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TICs) y, por consiguiente de la asignatura de Lenguajes de Programación (LP).

**Tabla. 1 Competencias del PE en mecatrónica contra TICs**

<b>Competencias Genéricas</b>	<b>Resultados de Aprendizaje en TICs</b>	<b>Resultados de Aprendizaje en LP</b>
Diseñar prototipos y modelos para la solución de problemas seleccionando las tecnologías adecuadas para integrar sistemas mecatrónicos y de automatización.	Integrar tecnologías para el diseño Mecatrónico. Dominar el software especializado para el diseño implementación de dispositivos mecatrónicos mediante la automatización.	Realiza modelado de dispositivos mecatrónicos mediante la programación de scripts en software especializado.
Identificar, evaluar y seleccionar sistemas de automatización y control de procesos, productos mecatrónicos y servicios industriales.	Automatizar sistemas mecatrónicos, mediante la utilización de hardware de comunicaciones y la manipulación de información por medio de dispositivos programables.	Provee soluciones eficientes mediante scripts y programas en lenguajes de alto nivel susceptibles de ser embebidos en hardware y sistemas mecatrónicos.
Identificar, analizar y seleccionar las metodologías apropiadas para el diseño de sistemas mecatrónicos factibles.	Competencias genéricas en el uso de las TICs relacionadas con el uso de esta para la integración y presentación de proyectos mecatrónicos.	No existe relación directa entre ésta competencia genérica y los resultados de aprendizaje en LP.

## 6. Diseño curricular del PE de IM.

Para el diseño curricular del PE de IM en UES, se utiliza la metodología de DI Rapid-Prototyping basándose en el enfoque ENFACE (por competencias) y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABProy).

El ABProy es una estrategia integradora que trasciende a la pedagogía activa, promueve pensar y actuar con base en el diseño de un proyecto, elaborando un plan con estrategias definidas, para dar una solución a una interrogante y no tan sólo cumplir objetivos curriculares. Esta estrategia de aprendizaje permite un acercamiento entre la realidad laboral y ambiente académico. El ABProy es un método flexible, sin embargo dicha metodología activa se fundamenta en cuatro fases relacionadas con el Aprendizaje Basado en Proyectos [11], las cuales se describen a continuación:

- 1) Información: En esta fase, el facilitador tiene claros los resultados de aprendizaje de la asignatura y cuenta con información de los estudiantes, como: gustos, preferencias, estilos de aprendizaje, etc.
- 2) Planificación: La información es la base para elaborar planes de trabajo, estructurar procedimientos metodológicos, desarrollar instrumentos y medios de trabajo, y elegir entre las posibles variables o estrategias de solución a seguir.
- 3) Realización: Esta fase supone la ejecución de los instrumentos y estrategias producidos en la planificación, con sentido experimental y de investigación, ejercitándose la acción creativa, autónoma y responsable del estudiante.
- 4) Evaluación: Cada instrumento surgido en la fase de planificación y ejecutado en la fase de realización, debe ser evaluado con métodos adecuados a cada instrumento.

Bajo este enfoque del ABProy se diseñaron los ambientes necesarios para alcanzar las competencias y resultados del aprendizaje en los estudiantes de la asignatura de Lenguajes de Programación del PE de Ingeniería Mecatrónica. Al considerar el primer paso de la metodología seleccionada (**información**), se puede observar en la Tabla 2 los resultados de los aprendizajes necesarios para la acreditación de las competencias relacionadas con el PE, que de alguna manera también se relacionan con la programación de computadoras o de dispositivos embebidos.

**Tabla. 2 Resultados del aprendizaje**

<b>Resultados del aprendizaje para la competencia:</b>	
Diseñar prototipos y modelos para la solución de problemas seleccionando las tecnologías adecuadas para integrar sistemas mecatrónicos y de automatización.	
A)	Identificar y aplicar los elementos del análisis, diseño y programación estructurada y orientados a objetos.
B)	Analizar distintos métodos de evaluación económica de solución para la toma de decisiones.
C)	Analizar la arquitectura, funcionamiento y programación de un microcontrolador.
D)	Desarrollar programas para la representación gráfica utilizando la filosofía de los paquetes CAD.
E)	Aplicar los métodos y estructuras de los lenguajes de programación para el diseño y control de robots.
F)	Aplicar la integración de sistemas neumáticos, electroneumáticos, hidráulicos, electrohidráulicos y dispositivos programables para la automatización de sistemas mecatrónicos.
G)	Diseñar sistemas industriales automatizados utilizando los controladores lógicos programables.
H)	Aplicar la metodología de investigación de mercados y el proceso de planeación en la elaboración del diseño de un proyecto de inversión en el área Mecatrónica.

Adicionalmente se puede cruzar la información descrita en la Tabla 2 con las asignaturas relacionadas al PE de Ingeniería Mecatrónica que corresponden con los resultados de aprendizaje señalados en los incisos A al H (ver Tabla 3).

**Tabla. 3 Cruce de información**

Asignatura	Resultados de aprendizaje que cubre la asignatura:							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Programación para Ingeniería	X							
Ingeniería Económica		X						
Microcontroladores	X		X		X	X		
Diseño Asistido por Computadora				X				
Robótica	X		X		X	X		
Automatización Industrial	X		X		X	X		
Manejo de PLC					X	X	X	
Proyectos de Ingeniería		X						X

Se puede observar en la Tabla 3 que, tanto las competencias genéricas como las específicas, se alinean para proporcionar el perfil del estudiante al terminar de cursar las asignaturas de Lenguajes de Programación, Robótica, Microcontroladores y Manejo de PLC. Algunas de estas competencias y habilidades son:

- Análisis y diseño de sistemas.
- Toma de decisiones.
- Programación de Sistemas Embebidos.
- Diseño de mecanismos en computadora.
- Análisis de mecanismos y simulación por computadora.
- Representación de la cinemática de un robot en un programa escrito en algún lenguaje de programación.
- Codificación de programas para la automatización Industrial.

Por otro lado, la etapa de **planificación** consiste en elaborar los planes de trabajo en base a los conocimientos previos del estudiante con el objeto de alcanzar las competencias deseadas y para ello, existen un sinnúmero de estrategias y metodologías, como son: Elaboración de actividades, temporización, orientaciones metodológicas y descripción de las tareas, entre otras.

La etapa de **realización** no es más que la ejecución de los planes descritos en la etapa anterior.

La **evaluación** como última etapa del ABProy, es una de las más importantes ya que con esta actividad se debe constatar si los estudiantes adquirieron las competencias del PE relacionadas con la asignatura de Lenguajes de Programación. Las acciones relacionadas con la evaluación tienen similitud con la etapa de planificación ya que son éstas las que se evaluarán. La temporización, orientaciones metodológicas y la descripción de los ejercicios, son algunas de las características mediante las cuales se valorará el nivel y la calidad del aprendizaje adquirido por los alumnos.

## 7. Conclusiones

En el caso de los PE de ingeniería de la UES, se ha mejorado la calidad de las estructuras cognitivas que el estudiante adquiere en la asignatura de Lenguajes de Programación, al basarse en el DI por medio del desarrollo de prototipos, se ha pasado de lo interdisciplinar a lo transdisciplinar, dando como resultado rescatar al 50% de los estudiantes en riesgo de reprobación en la asignatura de TICs y Lenguajes de Programación en el ciclo escolar 2014-2. Apoyados en estos resultados se están proponiendo una serie de proyectos institucionales en pos del desarrollo integral de los estudiantes de Ingeniería Mecatrónica; un ejemplo de esto es la “Convocatoria para la construcción de prototipos 2015” que realiza la UES, con el fin de tender una red de transferencia de conocimiento en instituciones educativas como UT San Luis R.C., UABC, ULSA, CONACYT, asociaciones como Asociación Mexicana de Mecatrónica, SOMECE entre otras relacionadas con los PE en general y el PE de Ingeniería Mecatrónica de la UES en particular. Por otro lado, el Diseño Instruccional desarrollado en este trabajo, permitió elaborar una propuesta de los contenidos mínimos que deben integrar en asignaturas como: Tecnologías de Información y Comunicaciones (Tics), Lenguajes de Programación, Microcontroladores, Redes de Comunicación Industriales y PLCs. En relación con la utilización de la metodología activa ABProy, la aplicación de las cuatro fases permitieron sistematizar el diseño curricular del PE de IM en UES.

## 8. Agradecimientos

Los autores agradecen a la RED Interinstitucional ALFA, a la RED Noroeste, y a los directivos de las instituciones educativas UES y ULSA Noroeste por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

## Referencias

- [1] Vargas E. “*Metodología aplicada al desarrollo de máquinas mecatrónicas*”. *Congreso Latinoamericano de Instrumentación y Control de Procesos*. Universidad Autónoma de Querétaro. México. 2012.
- [2] Kyura N., Oho H., “*Mechatronics—an industrial perspective*.” *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, Vol. 1, No. 1, pp. 10–15. 1996.
- [3] University of Texas at Austin, “Enriching Economy,” University of Texas at Austin, Austin, 2002. [Online]. Available: <http://www.ues.mx/seccion.aspx?s=1>. [Accessed 15 December 2014].
- [4] UES, Universidad Estatal de Sonora, “UES-Universidad Estatal de Sonora,” UES-Hermosillo, Diciembre 2014. [Online]. Available: <http://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/19059/ic2-2002-austin-clean-energy.pdf?sequence=2>. [Accessed 10 December 2014].
- [5] UES. Documento Institucional Modelo Educativo ENFACE, Universidad Estatal de Sonora, México, 2007. ([http://www.ues.mx/Docs/aspirantes/modelo/LBG\\_modelo\\_ENFACE.pdf](http://www.ues.mx/Docs/aspirantes/modelo/LBG_modelo_ENFACE.pdf)).
- [6] González J., “*Tuning Educational Structures in Europe*”, *Universidad de Deusto*, pp. 33–50. 2003.
- [7] McGriff J.S. “*Instructional Systems*”, *Penn State University*, 2000.
- [8] Smaldino E., Russell D., Heinich R., Molenda M. “*Instructional Technology and Media for Learning*”, *Prentice Hall*, pp. 46–78. 2004.
- [9] Gagne R. “*The Conditions of Learning*” (4th). *New York: Holt, Rinehart & Winston*. 1985.
- [10] González J., Wagenaar R., Beneitone P. “*Tuning-América Latina: Un proyecto de las Universidades*”, *Revista Iberoamericana de Educación*, No. 35, pp. 151-164. 2004.
- [11] Jiménez L., Hernández E., Bojórquez I., Navarro L., Gaytán L., et al, “*Aprendizaje Basado en Proyectos en el desarrollo de un sistema mecatrónico*”, *13º Congreso Nacional de Mecatrónica, Universidad Autónoma de Querétaro*, 2014.