



Innovation in research and engineering education:
key factors for global competitiveness

Innovación en investigación y educación en ingeniería:
factores claves para la competitividad global

UNA NUEVA ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL INTEGRANDO EL MODELO DE CICLO EN “V”

Oswaldo López Santos, José Omar Urrego

Universidad de Ibagué
Ibagué, Colombia

Resumen

El modelo conceptual de ciclo en “V” fue aplicado inicialmente en la gestión de proyectos para el desarrollo de software. Su aplicación se ha extendido a otros campos de la industria, en particular a la ingeniería aeroespacial, donde ha contribuido para asegurar altos niveles de confiabilidad en los circuitos electrónicos. A pesar de que su aplicación tiene un amplio sentido práctico, el modelo de ciclo en “V” tiene una vocación pedagógica que se identifica gracias a la relación análisis-síntesis. Este hecho facilita la posibilidad de integrar sistemáticamente este modelo como herramienta didáctica, especialmente en asignaturas con un alto contenido de diseño aplicado. Este trabajo presenta una propuesta metodológica innovadora de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de proyectos académicos en electrónica industrial, basada en la aplicación del modelo de ciclo en “V”.

Palabras clave: modelo de ciclo en “V”; educación en ingeniería electrónica; herramientas didácticas

Abstract

The conceptual V-cycle model was initially applied in project management for software development. Its application has been extended to other industry fields, particularly in the aerospace engineering, where it has contributed to ensure high reliability in the electronic circuits. Despite of its application has a practical sense, the V-cycle model is based on an analysis-synthesis relation, from which it is possible to identify an educational purpose. Therefore, it is possible to integrate this model as a didactic tool, especially in subjects with a high content of applied design. This work proposes an innovative teaching-learning methodology for the development of industrial electronics academic projects based on the application of the V-cycle model.

Keywords: V-cycle model; electronics engineering education; teaching-learning tools

1. Introducción

La globalización y el avance acelerado en la tecnología han traído consigo un cambio en el rol de los ingenieros en el mundo. Como consecuencia, el perfil requerido en los ingenieros ha pasado de tener una representación netamente disciplinar a tener una representación más integral. En este sentido, hoy se habla de una dimensión ocupacional, la cual permite la adaptación eficaz del ingeniero como individuo a las exigencias profesionales de su ámbito laboral (García *et al.*, 2006). De otro lado, la generalización de las normas que regulan el ejercicio de la ingeniería y de las directivas particulares en cada área de aplicación, impone el respeto de un marco metodológico cada vez más estricto en los procesos de diseño. Estos dos factores coinciden en el hecho de que el mundo actual exige nuevas competencias en los ingenieros, las cuales deben ser motivaciones para la investigación en la didáctica de la ingeniería.

De otra parte, se puede decir que en Colombia no existe una industria de desarrollo de tecnología que tenga una posición importante sobre el producto interno y que además las universidades colombianas aun poseen limitaciones tanto económicas como de infraestructura para desarrollar investigación en ingeniería electrónica de alto nivel (Santos *et al.*, 2010). Por lo tanto, incentivar en los estudiantes de ingeniería el interés por el desarrollo y la creación de tecnología ha dejado de ser un *plus* de algunos programas para pasar a ser una necesidad latente.

Con base en los anteriores argumentos, se propone integrar en las asignaturas de los programas de ingeniería electrónica, las normatividades técnicas y legales vigentes, y también los métodos depurados de gestión de proyectos, como aspectos claves para enriquecer las actividades de la esencia de la ingeniería electrónica (diseño, desarrollo, construcción y prueba (García, 2010)). Usando un esquema de práctica adecuado, esta innovación puede encajar con facilidad en la planeación de un curso tradicional explotando los beneficios de seguir una metodología rigurosa y formal sin hacer de ella un pesado tema de curso.

De otro lado, es importante mencionar que el uso de metodologías activas como el aprendizaje basado en problemas o el aprendizaje basado en proyectos ha mostrado buenos resultados en cursos de ingeniería electrónica (Mitchel *et al.*, 2008) (Guzelis, 2011). Por lo tanto, a juicio de los autores, la formalidad de un modelo empleado en la industria para conducir proyectos, tal como el modelo de ciclo en “V”, puede usarse efectivamente como herramienta en la enseñanza de la ingeniería electrónica si se le introduce en actividades prácticas. Esta afirmación se basa especialmente en que los estilos de aprendizaje y los intereses de los estudiantes de ingeniería se centran más en los aspectos prácticos y aplicados (De la Barrera *et al.*, 2012) (Morales-Ramírez *et al.*, 2012).

Una descripción más detallada del modelo de ciclo en “V” es presentada en la sección 2. Luego, se presenta como ejemplo una práctica de laboratorio dedicada al desarrollo de un convertidor de energía planeada para ser desarrollada sobre la base del modelo de ciclo en “V”. Finalmente, se presenta una discusión acerca de las posibilidades que se abren al utilizar esta estrategia de enseñanza-aprendizaje en las asignaturas del área de electrónica industrial.

2. El modelo de ciclo en “V”

El modelo del ciclo en “V” es uno de los modelos estándar de gestión de proyectos empleado comúnmente para conducir un proyecto desde su inicio hasta su finalización. Este modelo fue desarrollado y aplicado inicialmente por la Administración Federal Alemana para regular el desarrollo de software, con el objetivo de mejorar los problemas de reactividad del modelo en cascada (Mihalache, 2007), (Parisot, 2009).

Como se puede observar en la figura 1, el modelo del ciclo en "V" toma su nombre de la cartografía de sus diferentes etapas. La "V" está conformada por dos ramas, una descendente que contiene las etapas del análisis y la otra ascendente que contiene las etapas de síntesis. El vértice de la "V" representa la realización física del proyecto. Además, a cada etapa de una rama le corresponde una etapa al mismo nivel en la otra rama. Considerando la "V" como una ruta, esta comienza con el análisis de necesidades, y se termina con la entrega. La distancia entre estas dos etapas representa el tiempo.

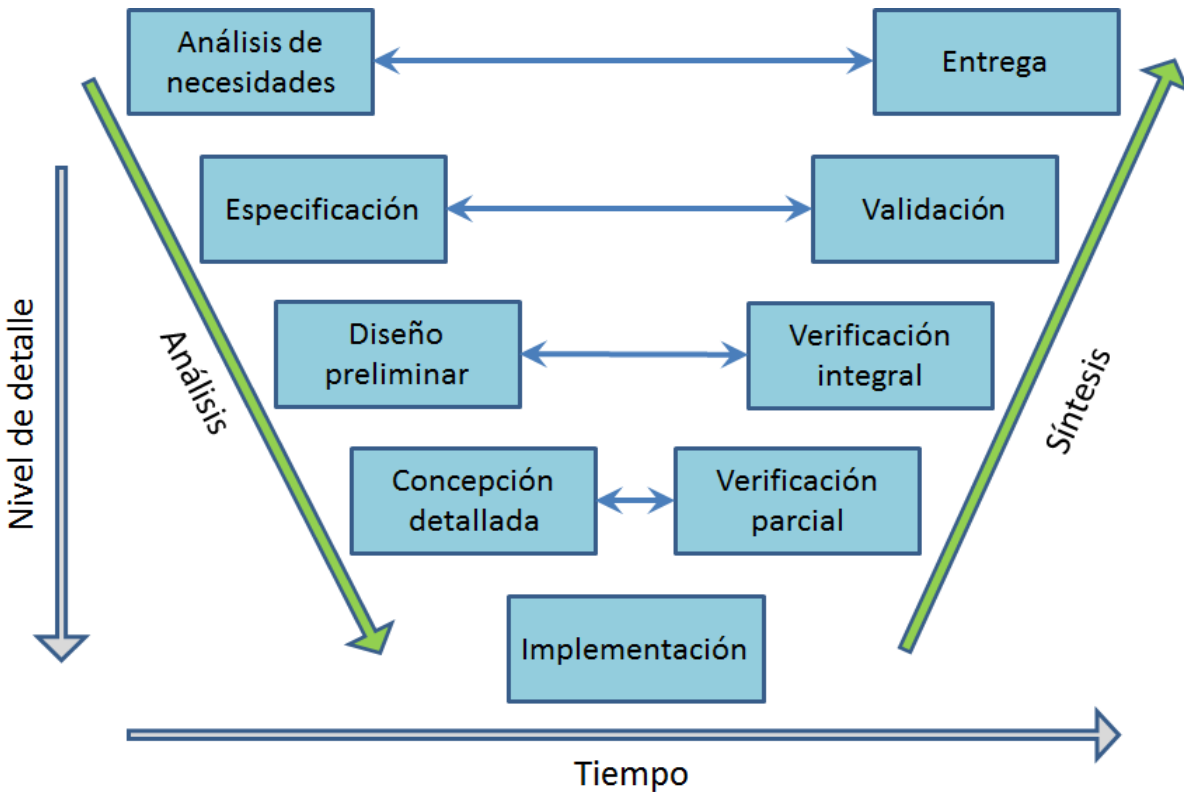


Figura 1. Representación gráfica de las fases del ciclo en "V"

A continuación se presenta una breve descripción de cada una de las etapas:

- Todo ciclo de vida de un proyecto inicia por el **análisis de necesidades y viabilidad** que consiste en estudiar la posibilidad de llevar a cabo el proyecto, determinar sus beneficios, y sus dificultades técnicas. Solamente si este análisis es favorable el proyecto puede seguir adelante.
- La **especificación** es la etapa de la que se espera como resultado un documento que contiene una lista de las necesidades, requisitos y restricciones que se deben cumplir en el desarrollo del proyecto. Este documento es una lista de exigencias agrupadas por temas, que permiten proponer una arquitectura preliminar y un plan de verificación. Cada exigencia deberá ser: realista, necesaria, coherente, completa, concisa, sin ambigüedad y verificable (IEEE 830, 1993).
- En el **diseño preliminar** se definen los bloques de sub-funciones que van a constituir el circuito y sus interfaces. Esta etapa puede incluir la modelización, asistida o no por una herramienta, generalmente llegando a una representación gráfica que provoca un fuerte impacto ya que permite visualizar el circuito terminado.
- La **concepción detallada** consiste en documentar todos los cálculos, resultados de simulaciones, análisis y otros medios que permiten justificar el dimensionamiento y la selección de los componentes.

Además, debe generarse una primera versión del plan de verificación parcial, el cual detalla la manera de probar cada una de las funciones y el comportamiento de cada componente.

- La **implementación** no es otra cosa que la materialización de la concepción.
- En la etapa de **verificación parcial** se debe probar independientemente cada una de las funciones del circuito. Teniendo en cuenta que esta etapa se encuentra al mismo nivel de la concepción detallada, la verificación debe hacerse con respecto a lo calculado y no con respecto a lo especificado.
- En la **verificación integral**, se comprueba el funcionamiento del circuito incorporando gradualmente cada uno de los bloques definidos en el diseño preliminar. En esta etapa las funciones de cada bloque son verificadas con respecto a lo especificado. Los procedimientos y los resultados de las pruebas deben ser registrados en un documento.
- La **validación** consiste en hacer las pruebas con el fin de evaluar que el circuito satisface la integralidad de las exigencias descritas en la especificación. En esta etapa, los problemas detectados son potencialmente catastróficos, pues ellos pueden evidenciar errores en la especificación, y por ende en todo el desarrollo.
- La **entrega** consiste en el traspaso del circuito junto con la información resultante a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. En este punto la documentación tiene una importancia comparable con el circuito en sí mismo, puesto que su nivel de detalle garantiza la independencia del producto de las personas que intervinieron en su desarrollo.

El ciclo en “V” no es una herramienta mnemotécnica para recordar los pasos a seguir, o los métodos de análisis y síntesis. Por el contrario, el ciclo en “V” tiene principalmente una vocación pedagógica. Este modelo hace hincapié en que cada paso antes de la realización física (rama de análisis), debe preparar la etapa correspondiente de verificación (rama de síntesis). Esto es no sólo una buena preparación de la entrega, sino también una forma de alimentar el análisis. Por ejemplo, a una función creada durante el diseño detallado, le corresponderá una prueba individual. Del mismo modo, a un sub-sistema funcional proveniente del diseño preliminar, le corresponde un conjunto de pruebas de integración. Las etapas de la rama ascendente realimentan información a las etapas que se encuentra al mismo nivel en la rama descendente, con el fin de obtener un circuito que sea totalmente coherente con la especificación.

Entre las ventajas reconocidas del modelo del ciclo en “V” es importante destacar que este:

- Minimiza el número de acciones necesarias para encontrar y resolver una anomalía durante el desarrollo de un proyecto.
- Facilita la identificación de los aspectos complejos desde el inicio del ciclo.
- Es un excelente medio de formalización documental.

3. Propuesta de aplicación

En los últimos años, diversos trabajos han sido realizados con el propósito de aportar innovación a la enseñanza de la electrónica industrial, enfocadas en temáticas como la electrónica de potencia, el control y la informática industrial. El interés de realizar estos aportes se puede justificar en gran parte por el hecho de que se trata de una disciplina aplicada. En conjunto, se puede decir que la electrónica industrial moviliza una corriente de la educación en ingeniería en la que profesores e ingenieros integran sus experiencias para nutrir las herramientas existentes y así lograr mejores resultados en esta área.

Como lo muestra la contribución de (Al-Shalabi *et al.*, 2012) enfocada a e-learning, el modelo del ciclo en “V” puede ser integrado de forma explícita en actividades académicas. Sin embargo, el trabajo que aquí se

presenta, propone la integración implícita del modelo en los trabajos prácticos aplicados en el área de electrónica industrial. Los aspectos claves de la propuesta son:

1. El modelo de ciclo en "V" no será presentado a los estudiantes en forma preliminar al desarrollo del proyecto.
2. La práctica se presenta a los estudiantes como una necesidad real, situada en un contexto industrial. Esto tiene la finalidad motivar al estudiante y no simplemente limitar la práctica a hacer, repetir y analizar circuitos.
3. La práctica debe incluir actividades de indagación, diseño, simulación e implementación.
4. El estudiante dispondrá de material escrito en el que se definen las reglas básicas para la concepción de los circuitos.
5. Uno de los objetivos primordiales en el diseño de la práctica es evitar la improvisación en la búsqueda de soluciones.

Ejemplo: Partiendo del principio de que el profesor conoce con exactitud el tipo de circuito que se debe abordar y los resultados que se esperan de él, como documento de entrada, los estudiantes recibirán una especificación, la cual enumera la totalidad de las exigencias necesarias para diseñar el circuito, como por ejemplo: potencia, rendimiento, niveles de tensión, rizados, etc. Para que dichas exigencias sean verificables, el profesor tendrá que especificar igualmente la precisión y las tolerancias permitidas. Al final, se espera que el estudiante redacte una memoria del trabajo incluyendo todos los aspectos abordados con un nivel de detalle que será exigido para sacar el mayor provecho de la práctica.

La tabla I se presenta como un instrumento para la construcción de la práctica en el que se han detallado algunas de las actividades a incluir, su relación con las etapas del ciclo en "V" y los elementos que garantizan la reflexión del docente en la construcción de la práctica, i.e., intencionalidad y forma de evaluar. Para el desarrollo completo de la práctica, será necesario seguir el mismo procedimiento con todas las actividades a incluir y todas las etapas del ciclo en "V".

Tabla I. Descripción general de actividades a incluir en guía de práctica

Etapa del ciclo en "V"	Detalle de la actividad	Instrumento de evaluación	Intencionalidad
Especificación	Verificar que las exigencias que se han entregado son claras, coherentes, necesarias y suficientes.	La memoria debe incluir un análisis del documento de entrada, indicando claramente cuáles de las exigencias no pueden ser satisfechas, el por qué y eventualmente proponer una solución alternativa.	Familiarizar al estudiante con los procesos de análisis de necesidades y viabilidad, no siempre lo que se especifica es coherente con los que se necesita y no siempre los que se especifica es realizable, identificar esto, en algunos casos no es evidente.
	Definir la arquitectura general del circuito.	La memoria, debe incluir un sinóptico del circuito, identificando las sub-funciones, las interfases, los valores importantes, las principales señales internas y sus formas teóricas.	Lograr que los estudiantes proyecten sus ideas como un todo, favoreciendo la identificación de puntos no tratados u olvidados. La representación gráfica del circuito es una buena preparación al diseño.
Diseño	Selección y justificación de los elementos con los	La memoria de diseño debe incluir los cálculos las simulaciones y los análisis que	Familiarizar a los estudiantes con el proceso real de diseño

	cuales se ha de construir el circuito.	justifiquen el diseño, además las referencias de los componentes seleccionados y un plano detallado del circuito.	y las reglas de concepción.
Implementación	El estudiante realiza el circuito.	Visualmente el circuito debe estar bien elaborado, en todos los casos la utilización de elementos como conectores, interruptores, indicadores, debe facilitar la conexión, las pruebas y la verificación.	Desarrollar competencias prácticas en el estudiante en la construcción de circuitos electrónicos.
Etapa del ciclo en "V"	Detalle de la actividad	Instrumento de evaluación	Intencionalidad
Verificación	Se prueba y verifica que el circuito funciona tal como fue diseñado.	Los estudiantes deben probar independientemente cada una de las funciones del circuito. La verificación debe hacerse con respecto a lo calculado, luego se hace la integración de todas las partes del circuito. Los procedimientos y los resultados de las pruebas deben ser registrados en el informe de laboratorio.	La experiencia en el diseño se adquiere de los aciertos y sobretodo de los errores. Verificar que el circuito se comporta como se espera, o por el contrario, confrontarse a resultados contradictorios, son hechos que aseguran el aprendizaje.
Validación	Se valida que el circuito cumple la integralidad de las exigencias definidas en la especificación.	La memoria de diseño debe incluir las tablas de validación. Estas tablas deben recopilar la totalidad de los resultados previamente obtenidos en las pruebas de verificación. Los procedimientos deben ser registrados en el informe de laboratorio.	Acostumbrar a los estudiantes a probar sus circuitos en profundidad.
Entrega	El profesor verifica junto con los estudiantes, cómo funciona el circuito. Además recibe los documentos asociados.	El estudiante entregará un informe con la totalidad de la información referente al circuito. Además, el comportamiento del circuito debe mostrar un nivel de avance significativo acorde con los objetivos propuestos.	Teniendo en cuenta que los estudiantes llegan a la entrega con todas las verificaciones ya hechas, el objetivo es cambiar la manera tradicional de evaluar. El profesor debe confirmar algunos de los resultados del informe, sin embargo la idea es comentar todo el proceso de desarrollo e interrogar a los estudiantes sobre los puntos claves del tema.

4. Conclusiones

Este trabajo ha presentado una propuesta metodológica para el desarrollo de una actividad de alto contenido práctico en una asignatura del área de electrónica industrial, la cual está basada en la aplicación del modelo de ciclo en "V". Se ha explicado cual puede ser el aporte de la aplicación y estudio del método en el contexto actual de la educación y la investigación en ingeniería electrónica en Colombia, teniendo en cuenta las características propias de los estudiantes y sus nuevos estilos de aprender.

La propuesta ha sido descrita usando los conceptos fundamentales del modelo de ciclo en "V" explicando los aspectos importantes que pueden llevarse al diseño micro-curricular en ingeniería electrónica, introduciendo así nuevas metodologías que facilitan la adaptación a los nuevos retos que impone el contexto global de la educación en ingeniería.

El reto importante en el trabajo inmediato consiste en diseñar e implementar una práctica completa que cumpla con las expectativas de esta propuesta con el fin de llevarla al plan de trabajo de la asignatura y confrontar los resultados con los obtenidos sin la aplicación del método.

5. Referencias

- Al-Shalabi H., Andraws S., Alrabea A. and Senthil K. (2012). V-model of e-learning using gagne nine steps of education. *Journal of Software Engineering and Applications*. No. 5. pp. 850-854.
- García A., Jiménez J. y Pérez C. (2006). El perfil del ingeniero electrónico: competencias como una red de relaciones de actores oferta-demanda educativa. *Revista Educación en Ingeniería*. Vol. 1. No. 2. Pg. 19-25.
- García F. (2010). Reflexiones sobre el presente y futuro de la ingeniería electrónica. Simposio internacional ¿Hacia dónde va la ingeniería electrónica? Universidad Javeriana – Departamento de Ingeniería electrónica.
- Mihalache A. (2007). Modelisation et evaluation de la fiabilite des systemes mecatroniques : Application sur le system embarque. Thèse de doctorat – Ecole doctorale d'Angers ; Institut des Sciences et Techniques de l'Ingénieur d'Angers.
- Morales-Ramírez A., Alviter-Rojas L., Hidalgo-Cortés C., García-Lozano R. y Molinar-Solis J. (2012). Estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios de ingeniería de computación e informática administrativa. *Revista Estilos de Aprendizaje*. Vol. 9. No. 9. pp. 1-13.
- IEEE 830 (1993) Pratique recommandée par IEEE pour la préparation de spécifications d'exigences de logiciel.
- Parisot F. (2009). Test logiciel: des méthodes sortent des sentiers battus. *Revue Mesures*. No. 817. pp. 56-60.
- Santos G., Muñoz M. y Gómez J. (2010). Identificación, clasificación y análisis de las tendencias de investigación en ingeniería electrónica a nivel mundial, nacional y regional. *Revista Educación en Ingeniería*. Vol. 5. No. 10. Pg. 61-73.

Sobre los autores

- **Oswaldo López Santos:** Ingeniero Electrónico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Magister en Automatización Industrial de la Universidad Nacional de Colombia, candidato a doctor en automática del Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Toulouse (INSA, Universidad de Toulouse, Toulouse-Francia). Profesor Asistente del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Ibagué (Ibagué-Colombia).
- **José Omar Urrego:** Ingeniero Electrónico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Master en Electrónica de Potencia del Instituto Nacional Politécnico de Toulouse (INP-ENSEEITH, Universidad de Toulouse, Toulouse-Francia). Ingeniero de la empresa SERMA ingénierie (Toulouse-Francia).

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería y de la International Federation of Engineering Education Societies

Copyright © 2013 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES)