

Fases de la experiencia mayor de diseño del plan de estudios de ingeniería mecatrónica

Miguel Ángel Sánchez Bravo, miguel.sanchezb@urp.pe

Universidad Ricardo Palma

Facultad de Ingeniería

Recibido: 12/04/2018
Aceptado: 19/07/2018

Resumen

Todos los planes de estudios de ingeniería, deben incluir el diseño como parte de la educación del estudiante. Este requisito es compatible con la definición de un ingeniero y esto es requerido por ABET e ICACIT en sus criterios de acreditación de ingeniería. Este artículo, presenta una propuesta de las fases del proceso de diseño en ingeniería con la finalidad de comprobar que los graduados del programa han logrado la competencia de diseño, estableciendo en cada fase indicadores a ser medibles.

Palabras claves

Formulación, especificaciones, análisis, desarrollo, implementación

Abstract

All engineering curricula are required to include design as part of a student's education. This requirement is compatible with the definition of an engineer and this is required by ABET and ICACIT in their engineering accreditation criteria. This article presents a proposal of the phases of the design process in engineering with the purpose of verifying that the graduates of the program have achieved the design competence, establishing in each phase indicators to be measurable.

Key words

Formulation, specifications, analysis, development, implementation.

1. Introducción

La capacidad de diseñar es una medida que ayuda a definir si un graduado está verdaderamente preparado para la práctica de la ingeniería.

El Instituto de Calidad y Acreditación de Programas de Computación, Ingeniería y Tecnología ICACIT (2018, p. 5, 6, 7), en su criterio 3 de acreditación para ingeniería, definió como Resultados del Estudiante: “a lo que se espera que los estudiantes sepan y sean capaces de hacer al momento de la graduación”. Uno de estos Resultados del Estudiante, también conocido como competencias de egreso, es el (c) Diseño y Desarrollo de Soluciones: “La capacidad de diseñar soluciones para problemas complejos de ingeniería y diseñar sistemas, componentes o procesos para satisfacer necesidades deseadas dentro de restricciones realistas en los aspectos de salud pública y seguridad, cultural, social, económico y ambiental”. Adicionalmente el Criterio 5: Plan de Estudios establece que “los estudiantes deben ser preparados para la práctica de la ingeniería a través de un plan de estudios que culmine con una experiencia mayor de diseño basada en el conocimiento y las habilidades adquiridas en cursos previos, incorporando estándares de ingeniería apropiados y múltiples restricciones realistas.” Así mismo define como Diseño en Ingeniería: “Es un proceso creativo, iterativo y de tomad de decisiones, en el que las ciencias básicas, las matemáticas y las ciencias de la ingeniería son aplicadas para buscar soluciones viables a un problema que no necesariamente tiene una única respuesta”.

El programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma de Lima, Perú (URP) estableció el año 2016 sus Resultados del Estudiante o Competencias de Egreso, consistentes con la misión de la institución y con las necesidades de sus grupos de interés (constituyentes), de tal manera que prepare a los egresados para el logro de sus objetivos educacionales. La competencia relacionada al diseño en ingeniería fue establecida como: “Diseña sistemas mecatrónicos que satisfacen requerimientos y necesidades, así como restricciones y limitaciones dadas”.

Con la finalidad de evaluar el nivel del logro de la competencia de diseño, el programa de Ingeniería Mecatrónica de la URP cuenta en el Plan de Estudios con una asignatura de diseño en el último año de estudios, donde los estudiantes realizan un proyecto final de diseño con las características de la experiencia de diseño mayor mencionada anteriormente. En el Plan de Estudios 2008-II la asignatura es IM0906

Diseño Mecatrónico II y en el Plan de Estudios 2015-II es IM1001 Proyecto Integrador Mecatrónico.

2. Fases del proceso de diseño

La revisión de varios libros escritos sobre diseño proporciona las siguientes descripciones:

Eggert, R. (2005, p. 25): "El diseño de ingeniería es el conjunto de procesos de decisión y actividades utilizadas para determinar la forma que un objeto cumple las funciones deseadas por el cliente".

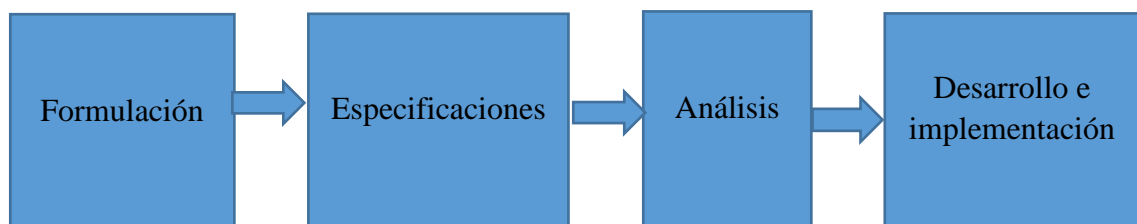
Hyman, B. (2003, p. 4): "El problema de diseño de ingeniería requiere la integración del conocimiento de muchos campos".

Budynas, R. y Keith, J. (2008, p.4, 5): "Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones. Algunas veces éstas deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa, por lo cual es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtengan más datos. Lo importante es que el diseñador en ingeniería debe sentirse personalmente cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y de resolución de problemas. El diseño es una actividad de intensa comunicación en la cual se usan tanto palabras como imágenes y se emplean las formas escritas y orales. Los ingenieros deben comunicarse en forma eficaz y trabajar con gente de muchas disciplinas. Éstas son habilidades importantes y el éxito de un ingeniero depende de ellas. Las fuentes personales de creatividad de un diseñador, la habilidad para comunicarse y la destreza para resolver problemas están entrelazadas con el conocimiento de la tecnología y sus principios fundamentales. Las herramientas de la ingeniería (como las matemáticas, la estadística, la computación, las gráficas y el lenguaje) se combinan para producir un plan, que cuando se lleva a cabo crea un producto funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se puede fabricar y comercializar, sin importar quién lo construya o lo use".

Si bien la descripción del diseño de ingeniería varía en su redacción, hay algo común entre los autores. El diseño es el proceso iterativo y creativo de identificación necesidades y luego idear un producto para cubrir esas necesidades.

Gassert, J. y Enderle, J. (2008, p. 82) presentaron un diagrama de flujo iterativo para el proceso de diseño.

Para el desarrollo de la asignatura de diseño del programa de ingeniería mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma, se proponen las siguientes fases.



2.1 Formulación

Todos los proyectos de diseño inician con una declaración del proyecto según la cual se reconoce una necesidad y se define claramente el problema. Comprende los siguientes puntos o indicadores:

- Identificación del proyecto, averiguando necesidades en la industria.
- Selección del equipo de trabajo con sus roles fijados.
- Selección del docente especialista asesor.
- Precisar los conceptos del proyecto.
- Salida: Declaración del problema.

2.2 Especificaciones

A continuación, se escribe un conjunto de especificaciones de tipo mecánico, eléctrico, ambiental, de software, que el componente o sistema debe cumplir. Las especificaciones deben escribirse con tanto detalle que cualquier ingeniero competente puede crear un componente o sistema que satisfaga la necesidad del cliente. Además, el proyecto se debe especificar con restricciones realistas tales como el económico, ambiental, social, político, ético, de salud y seguridad, fabricabilidad y sostenibilidad. En muchos proyectos, algunas especificaciones son más importantes que otras, y las compensaciones entre ellas pueden ser necesarias. De hecho, puede ser improbable diseñar un proyecto que satisfaga todas las especificaciones, lo que

implica que deben tener cierto grado de flexibilidad, útiles para reducir la complejidad, el costo y el esfuerzo en llevar a cabo el proyecto. Algunas especificaciones son absolutas y no se pueden relajar. Al mismo tiempo, es necesario una investigación de componentes y sistemas similares existentes en el mercado. Se pueden considerar los siguientes indicadores:

- Establecimiento de las especificaciones del proyecto.
- Identificación de estándares de ingeniería relacionadas al proyecto.
- Identificación de restricciones realistas.
- Salida: Propuesta de proyecto: declaración del problema, objetivos del proyecto, especificaciones, estándares y limitaciones.

2.3 Análisis

La siguiente etapa del proceso de diseño es la generación de posibles soluciones al problema, basadas en las especificaciones, y selección de una solución óptima. Para generar soluciones, se recomienda llevar a cabo sesiones con lluvia de ideas para desarrollar conceptos de diseño, y estos puedan basarse en ideas novedosas u otros productos y patentes (incorporar partes de diseños de otros es aceptable, siempre y cuando se citen). Se genera un esquema de diseño en papel para cada una de las soluciones y se evalúa según las especificaciones. Dado que los proyectos de diseño son de tipo abierto, existen muchas soluciones y, a menudo requieren un equipo multidisciplinario o enfoque holístico para una selección exitosa. Esta etapa del proceso de diseño es típicamente la más desafiante debido al aspecto creativo para generar soluciones de problemas. La mayoría de los proyectos están diseñados en un enfoque descendente similar al enfoque de escribir software de computadora comenzando por primera vez con un diagrama de flujo. Después de que el diagrama de flujo o el diagrama de bloques están completos, el siguiente paso implica proporcionar detalles adicionales a cada bloque en el diagrama de flujo. Esto continúa hasta que sean suficientes los detalles para determinar si el diseño cumple con las especificaciones. Para seleccionar el diseño óptimo, es necesario analizar y evaluar las posibles soluciones. Para facilitar el análisis, generalmente es mejor usar software de simulación para modelar varios módulos del sistema.

Otras situaciones requieren que una posible solución del proyecto de diseño sea parcialmente construida para el análisis y la evaluación. Después del análisis de

posibles soluciones, el diseño óptimo seleccionado es el que cumple con las especificaciones más estrechamente dentro de las restricciones de diseño. Se consideran los siguientes indicadores:

- Ajuste de las especificaciones.
- Análisis técnico del problema.
- Identificación de soluciones alternativas.
- Desarrollo de la arquitectura de diseño.
- Salida: Presentación del diseño.

2.4 Desarrollo e implementación

Después de seleccionar el diseño óptimo, el estudiante construye el dispositivo. El mejor método de construcción suele ser construir módulo por módulo. Al construir el proyecto de esta manera, el estudiante puede probar cada módulo para la correcta operación antes de agregarlo al dispositivo completo. Es mucho más fácil para depurar módulo por módulo que para construir todo el proyecto y luego intentar eliminar los problemas. Después de que el proyecto ha sido sometido a pruebas de laboratorio, es probado en el campo con el cliente. Después de la prueba de campo, se realizan algunas modificaciones finales y luego el proyecto se entrega al cliente. Los indicadores a considerar en esta etapa son:

- Ajuste del diseño.
- Adquisición de componentes.
- Realización del diseño.
- Revisiones periódicas con el cliente y docente asesor.
- Construcción del prototipo.
- Pruebas.
- Salida: Demostración del prototipo. Informe final escrito. Presentación pública final.

3. Conclusiones y comentarios

El desarrollo de la experiencia de diseño con las fases propuestas permitirán lograr a los estudiantes habilidades básicas para su futuro desempeño profesional, como:

- capacidad de aplicar el diseño de ingeniería para producir soluciones que cumplan necesidades específicas con consideraciones de salud pública, seguridad y bienestar social, cultural, social, ambiental y factores económicos.

- habilidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería aplicando principios de ingeniería, ciencias y matemáticas.
- capacidad para desarrollar y conducir experimentos adecuados, analizar e interpretar datos, y usar juicio de ingeniería para establecer conclusiones.
- capacidad de comunicarse de manera efectiva con la sociedad en general.
- la capacidad de funcionar eficazmente en un equipo en un entorno colaborativo e inclusivo, establecer objetivos, planificar tareas y cumplir objetivos.
- la capacidad de reconocer responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería y hacer juicios informados, que deben considerar el impacto de las soluciones de ingeniería en el ámbito global, económico, contextos ambientales y sociales.

El rol fundamental del docente es el de guía y facilitador, creando un ambiente de participación y colaboración. El docente debe ser un motivador e impulsor del proceso de diseño.

La aplicación práctica de este procedimiento se dará en la asignatura: Diseño Mecatrónico II del Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la URP en el semestre 2018-1, en el marco de un proyecto de investigación aplicando rúbricas para comprobar las hipótesis a plantear.

4. Referencias bibliográficas

Budynas, R. & Keith, J. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (8th ed.). México: McGraw-Hill Interamericana.

Eggert, R. (2005). *Engineering Design*. USA: Pearson Education. Recuperado de <https://sites.google.com/site/cswvcrg/Engineering-Design>

Gassert, J. & Enderle, J. (2008). *Design versus research in BME accreditation*. USA: Article in IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. April 2008.

Hyman, B. (2003). *Fundamentals of engineering design*. USA: Pearson Education. Recuperado de <http://faculty.washington.edu/hyman/book/>

Instituto de Calidad y Acreditación de Programas de Computación, Ingeniería y Tecnología en Ingeniería - ICACIT. (2018). *Criterios de Acreditación. Programas de Ingeniería*. Recuperado de

http://www.icacit.org.pe/web/archivos/2018_ICACIT_CAI_Criterios.pdf