



**Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI**

Innovación en las facultades de ingeniería:
el cambio para la competitividad y la sostenibilidad

Centro de Convenciones Cartagena de Indias

4 al 7 de octubre de 2016



ENSEÑANZA DE SOFTWARE A TRAVÉS DEL HARDWARE

Juan Felipe Medina Lee

**Universidad del Quindío
Armenia, Colombia**

Resumen

El objetivo principal de este proyecto es motivar el desarrollo de software por parte de los estudiantes de tercer semestre del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío a través de la construcción de prototipos electro-mecánicos funcionales los cuales pueden ser tele-operados desde un computador.

Con fundamentación en el modelo CDIO (Concebir, diseñar, implementar y operar) adoptado por el programa de Ingeniería Electrónica, se busca que los estudiantes desarrollen un proyecto de ingeniería hardware/software con la metodología un proyecto de implementación real, el cual los motive para aplicar los conceptos de la programación orientada a objetos y el desarrollo de interfaces gráficas.

La idea es que los prototipos funcionales construidos por los estudiantes no sean de aplicaciones con un alto nivel de abstracción, sino que sean familiares y amigables para ellos. Por esta razón se han construido modelos como: “cañón láser tele-operado”, “campo de minigolf robotizado”, “sistema de pesca recreativo automatizado” y “edificio de parqueo inteligente”, que permiten observar el funcionamiento del prototipo construido de una forma visual y llamativa.

Este modelo de trabajo se ha implementado en la asignatura ‘Programación II’ del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío teniendo resultados positivos en los semestres que ha sido ejecutado.

Palabras clave: CDIO; programación orientada a objetos; prototipos funcionales hard/soft

Abstract

The main goal of this project is to motivate software developing on third semester students in the Electronics

Engineering Program at the University of Quindío by building electro-mechanics prototypes, which can be tele-operated from a computer.

The students must develop a hardware/software engineering project based on the CDIO model (Conceive, Design, Implement and Operate) adopted by the Electronics Engineering program. In this assignment, they have to use the methodology of a real engineering's project; in order to motivate them to apply object oriented programming (OOP) and graphic user interfaced (GUI).

The functional prototypes developed by the students must be familiar and friendly to them, because they tend to work better with that kind of projects. That's why we have implemented different projects such as "tele-operated laser cannon", "robotic mini golf field", "scaled construction crane", "automated recreational fishing system" and "intelligent parking building". These projects allow the students to analyze the operation of the prototypes in a visual and striking way.

This work has been implemented in the "programming II" course of the Electronics Engineering Program at the Universidad of Quindío with excellent results in the five semesters that has been applied.

Keywords: *CDIO; object-oriented programming; functional prototypes hard/soft*

1. Introducción

La pregunta fundamental que sirvió de base para este proyecto es ¿para qué utiliza el software un ingeniero electrónico? Aunque para algunas personas la respuesta sea obvia, lo cierto es que para la mayoría no está claro. Esto se nota en los perfiles laborales o en las tareas que ejecutan algunos ingenieros electrónicos en sus trabajos en la industria.

¿Acaso el ingeniero electrónico se dedica a administrar bases de datos?, ¿o a desarrollar aplicaciones de consola? , ¿O a hacer desarrollo web? Puede que estén en capacidad de realizar estas funciones, pero no es el campo principal de desarrollo software en el que se deberían desempeñar.

Un ingeniero electrónico debe estar en capacidad de programar un sistema embebido, de optimizar recursos, de trabajar en diferentes tipos de procesadores, de considerar las implicaciones que su software tiene en el hardware, y de controlar elementos electro/mecánicos a través de sus programas. Todas estas habilidades se ven reflejadas en aplicaciones como radio definida por software, procesamiento digital de señales, control embebido, robótica, inteligencia artificial o visión por computador; por mencionar algunas.

Con esta premisa se decidió emprender el proyecto pedagógico "enseñanza de software a través del hardware", en donde los estudiantes tuvieran que desarrollar un prototipo mecánico que se pudiera modelar utilizando programación orientada a objetos y posteriormente interactuar con éste desde una interfaz gráfica de usuario.

El desarrollo del proyecto está enmarcado en el modelo pedagógico CDIO, que propone dividir los proyectos de ingeniería en cuatro etapas: concebir, diseñar implementar y operar. Cada uno de esos procesos se profundiza a continuación.

Inicialmente está la etapa de concepción, la cual es desarrollada por el docente, y es allí donde se define lo que se va a hacer en el proyecto. El proyecto se plantea de tal forma que se construya un solo prototipo funcional entre todo el curso, dividiendo el sistema en componentes mecánicos que serán construidos por grupos de trabajo.

Una vez el proyecto está definido y socializado empieza la etapa de diseño. Cada grupo debe hacer planos, diagramas de funcionamiento, selección de componentes, lista de precios y cotizaciones. Los cuáles serán presentados al resto del curso para su aprobación o modificación. Además, cada estudiante deberá hacer un diseño de la interfaz gráfica a desarrollar y las clases software que va a implementar. A cada grupo de trabajo se le asignará el presupuesto presentado para el desarrollo de su componente mecánico.

Con los diseños aprobados y el presupuesto asignado se inicia la etapa de implementación, en donde cada grupo de trabajo construye su componente mecánico basado en el diseño presentado y ajustado al presupuesto, soportando todos los gastos con facturas de compra. Finalmente se ensamblan todos los componentes para finalizar la implementación del prototipo funcional. Así mismo, cada estudiante deberá desarrollar su propia interfaz gráfica que controle el prototipo.

Finalmente está la etapa de operación, donde se controla el prototipo electro-mecánico a través de la interfaz gráfica desarrollada y se pone a punto el funcionamiento del sistema.

En este documento se presentarán cada una de las etapas CDIO para el desarrollo de los proyectos mencionados anteriormente, evidenciando la implementación completa de un proyecto de ingeniería por parte de estudiantes de tercer semestre de Ingeniería Electrónica.

2. Concebir

Cada uno de los proyectos planteados en el proyecto pedagógico ha surgido de una idea fundamental muy básica, la cual pretende ser atractiva para los estudiantes, debido a su aplicación o funcionamiento final. En la Figura 2.1 se muestra la idea fundamental que inspiró cada uno de los proyectos planteados a los estudiantes.



Figura 2.1 Ideas fundamentales para la concepción de los proyectos

En la Figura 2.1 se muestra un cañón láser, un campo de mini-golf, un juguete de pesca recreativa y un edificio de parqueo inteligente.

El cañón láser implementado era un modelo a escala con dos grados de libertad, encargados de dirigir el rayo láser en cualquier dirección. El primero de ellos estaba en la base del cañón para realizar un movimiento de rotación, el segundo haría un movimiento de cabeceo, dirigiendo el láser hacia arriba y hacia abajo. Además, el cañón debía tener un acople genérico para un apuntador láser encargado de hacer disparos de luz hacia un foto-resistor.

Para el campo de mini-golf se debía construir un modelo mecánico que contara con un hoyo a escala real de un campo de minigolf, un molino de viento e velocidad variable y un sistema robótico de disparo.

Para el sistema de pesca recreativo, los estudiantes debían desarrollar un prototipo funcional en el que se pudieran pescar esferas en un estanque con agua utilizando un sistema robótico con dos grados de libertad y depositarlas en dos plataformas de recolección ubicadas al costado del tanque. El agua en donde flotaban las esferas debía contar con un caudal variable desde una motobomba.

Finalmente, para el edificio de parqueo inteligente, debían construir un prototipo en el que se pudiera ingresar una cantidad de carros y generar cobros de manera automatizada. La plataforma debía contar con tres ejes de movimiento, uno vertical, otro rotacional y otro horizontal; además de contar con una estructura en forma de edificio en donde se ubicarían todos los carros.

En todos los casos, los estudiantes debían desarrollar una interfaz gráfica en C++, utilizando eficientemente la programación orientada a objetos para controlar el prototipo desde un computador por medio de una comunicación serial.

La idea es socializada a los estudiantes con más especificaciones para definir el funcionamiento del prototipo. En esta etapa se definen los principales componentes mecánicos que conforman el proyecto, para asignarlos a diferentes grupos de trabajo de estudiantes, por ejemplo, el edificio de parqueo inteligente fue dividido en 4 grupos de trabajo:

- Grupo 1: Movimiento vertical y construcción de la torre
- Grupo 2: Movimiento rotacional y acople a la torre.
- Grupo 3: Movimiento horizontal y construcción de plataforma para carros.
- Grupo 4: Edificio con los puestos de parqueo.

Los miembros de los grupos se seleccionan aleatoriamente para fortalecer la habilidad de trabajo en grupo descrita por el CDIO.

3. Diseñar

Cada grupo de trabajo debe ahora hacer el diseño del componente mecánico correspondiente. En esta etapa se deben hacer planos con cotas, diseños en 3D (opcionales), lista de materiales, y lista de precios con cotizaciones, que permitan obtener el presupuesto total para la construcción del prototipo. En este caso, se instruye a los estudiantes con conceptos básicos de mecánica como servomotores, moto-reductores, transmisiones mecánicas, etc.

Cada grupo debe hacer la presentación de su diseño al resto de estudiantes y al docente, para su aprobación o corrección. Nadie puede empezar la implementación del componente hasta que el diseño sea aprobado en su totalidad.

En la Figura 3.1 se muestra el diseño mecánico del cañón láser, en la figura izquierda se muestra el diseño conceptual, mientras que en la parte derecha se muestra el diseño en 3D detallado del cañón.

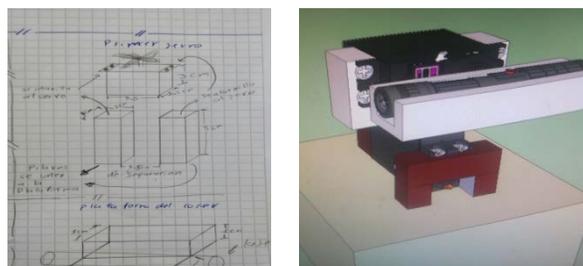


Figura 3.1 Diseño del cañón láser

En la Figura 3.2 se muestra el diseño del campo de juego en la parte izquierda y del sistema de golpeo robótico, en la parte derecha, para el proyecto del mini-golf.

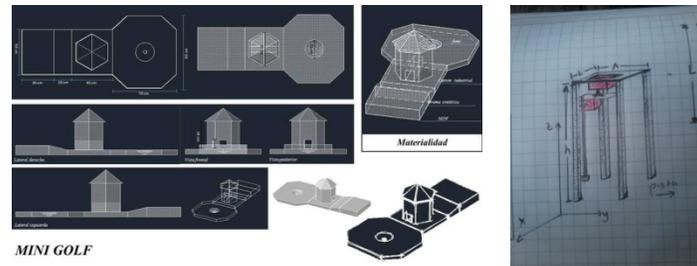


Figura 3.2 Diseño de algunos componentes mecánicos del campo de minigolf

En la Figura 3.3 se puede observar el diseño del sistema de desplazamiento con dos grados de libertad para la pesca, y las plataformas de recolección de pelotas.

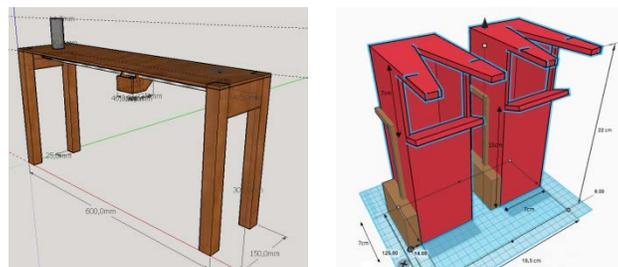


Figura 3.3 Diseño de algunos componentes del sistema robótico de pesca

En la figura se puede observar que los diseños tienen cotas indicando todas las medidas para facilitar el proceso de compras y construcción.

Por otro lado, la Figura 3.4 muestra el diseño del edificio de parqueo automatizado en la parte derecha, y el sistema de desplazamiento horizontal de los carros en la parte izquierda.

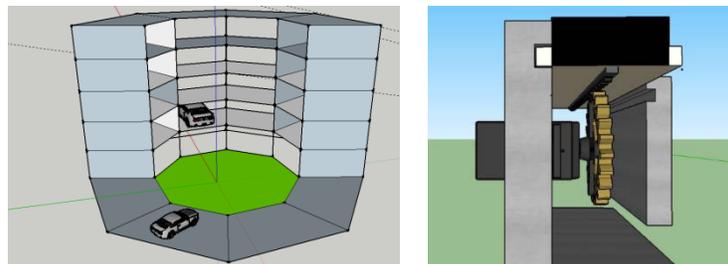


Figura 3.4 Diseño de los componentes mecánicos del edificio robotizado de parqueo

En esta etapa del proyecto, los estudiantes también deben presentar un diseño de la interfaz gráfica que quieren implementar teniendo en cuenta las restricciones del sistema y deben presentar un esquema de la clase software principal sobre la que se basa el proyecto, por ejemplo, la clase cañón o la clase golfito.

4. Implementar

La tercera etapa del proyecto es la construcción del prototipo acorde a los diseños aprobados, en este punto, cada grupo tiene un presupuesto asignado que debe ejecutar según lo planeado. Este es el punto más crítico del proyecto, ya que los estudiantes no están acostumbrados a este tipo de implementaciones mecánicas, pero se han tenido resultados positivos con las experiencias desarrolladas gracias a la motivación de los estudiantes por sacar adelante esta clase de proyectos.

En la Figura 4.1 se muestra el proceso de implementación de los proyectos CDIO implementados.



Figura 4.1 Proceso de implementación de los prototipos funcionales

En la esquina superior izquierda se ve el proceso de implementación del campo de minigolf; en la parte superior derecha se muestra el desarrollo del cañón láser. La foto inferior izquierda muestra la implementación de las plataformas de pesca interactivas y la esquina inferior derecha muestra el proceso de construcción del edificio inteligente.

Paralelo al desarrollo de los componentes mecánicos, se debe desarrollar la interfaz gráfica en C++ para el control del prototipo. La Figura 4.2 muestra una interfaz gráfica desarrollada para controlar el sistema robótico de pesca.



Figura 4.2 Interfaz gráfica para el control del sistema robótico de pesca

5. Operar

La etapa final de los proyectos desarrollados es la operación; para este punto se deben ensamblar todos los componentes mecánicos desarrollados por los diferentes grupos en la etapa de implementación, para hacer la puesta a punto del prototipo. Una vez esté funcionando y el software esté completo, se realizan las pruebas de validación de funcionamiento y se puede realizar el control de la plataforma a través de la interfaz gráfica desarrollada utilizando el paradigma de programación orientada a objetos. La Figura 5.1 muestra la implementación completa de los prototipos, listos para ser operados.

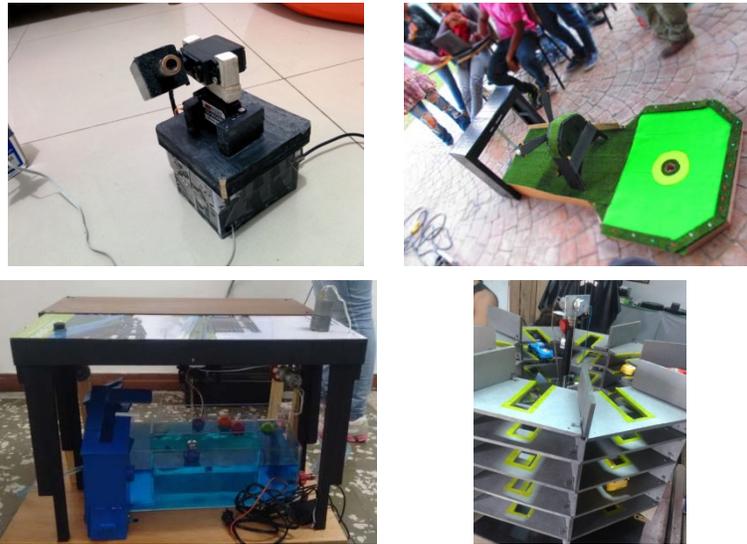


Figura 5.1 Implementación completa de los prototipos funcionales CDIO

6. Conclusiones

- Se está implementando un proyecto pedagógico de enseñanza de software a través prototipos hardware.
- Se implementaron los pasos del modelo CDIO en el proyecto final del curso de programación II de tercer semestre en el programa de ingeniería electrónica.
- Se obtuvieron resultados positivos en el desarrollo de prototipos funcionales con estudiantes de tercer semestre.

Sobre los Autores

- **Juan Felipe Medina Lee:** Ingeniero Electrónico de la Universidad del Quindío. Profesor asistente. jfmedina@uniquindio.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2016 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)