



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOF 2014

Nuevos escenarios  
en la enseñanza de la ingeniería

Cartagena de Indias. 7 al 10 de octubre de 2014  
Centro de Convenciones Cartagena de Indias

## DESARROLLO DE PROCESOS AGROINDUSTRIALES COMO HERRAMIENTA DE ENSEÑANZA EN LA INGENIERÍA

Álvaro Antonio Patiño Forero, Jairo Orlando Montoya Gómez

Universidad de la Salle  
Bogotá, Colombia

### Resumen

La ubicación geográfica de Colombia favorece el cultivo de una gran variedad de productos agrícolas, los cuales son acogidos por mercados nacionales e internacionales; pero necesitan de una transformación desde su pos-cosecha hasta el producto terminado. Para esto es necesario aplicar tecnologías y diseñar mecanismos especiales acorde a las características de cada producto. Dentro de los espacios académicos del programa de ingeniería de automatización, se proponen proyectos que permitan dar solución a problemáticas reales de este sector. Estos proyectos presentan un enfoque integrador de varias temáticas y se desarrollan manteniendo una transversalidad de la malla curricular. Estos proyectos se han venido desarrollando distribuyendo los estudiantes en grupos donde cada uno diseña y construye los mecanismos del proceso que dan solución a la problemática planteada. En la actualidad, se han identificado dificultades en el desarrollo del proyecto, debido a: costos asociados del proyecto, espacio, recursos disponibles y el tiempo requerido para su ejecución. Por tal razón, se plantea modificar la metodología de trabajo de proyecto integrador, buscando el desarrollo de un proceso agroindustrial compuesto por estaciones de trabajo, donde los estudiantes seleccionan cual etapa desean desarrollar, con el fin de direccionar a los estudiantes hacia la solución de una problemática particular e integrando todos subprocesos o equipos construidos. Este nuevo escenario de enseñanza ha permitido un mejor uso de espacios y equipos, disminución de costos de implementación de la solución, disminución de tiempo de elaboración de los proyectos en las 16 semanas que componen un semestre académico y mejorar el trabajo en equipo.

**Palabras clave:** agroindustria; estrategia de enseñanza; diseño de máquinas; electrónica industrial

### Abstract

Colombia's geography location favors the cultivation of a wide variety of agricultural products, which they are welcomed by domestic and international markets; but it requires a transformation from its post-harvest to finished product. This requires applying technologies and design special mechanisms according with characteristics of each product. In each academic program space automation engineering, projects to solve real problems in this sector are proposed. These projects present an integrated approach to develop several themes and maintaining mainstreaming the curriculum. These projects have been developed by distributing the students into groups where each designs and builds process mechanisms that provide solutions to the problems posed. Currently, difficulties have been identified in the project because: associated project costs, space, resources and time required for implementation. For this reason, we propose to modify the working methodology of integrating project aiming at the development of an agro-industrial process consisting of workstations, where students select which stage wish to develop, in order to address students toward the solution of a particular problems and integrating of the stations. This new scenario of teaching has enabled better use of space and equipment, decreased costs of implementing the solution, decreasing develop time of the projects in the 16 weeks that make up a semester and improve team work.

**Keywords:** agroindustry; teaching strategy; machine design; industrial electronics

## 1. Introducción

La integración de los procesos agroindustriales es un medio para mejorar el rendimiento y eficacia de las operaciones de manufactura de una empresa automatizada (Vento, 2006). El problema de la integración de los procesos en la pequeña y media empresa agroindustrial, es uno de los temas de mayor interés en el campo industrial y académico en Colombia; este interés, se debe a la combinación de múltiples necesidades tales como: diseño de máquinas acorde a las necesidades del proceso, puesta a punto de las máquinas, capacitaciones en tecnologías de automatización, comunicaciones industriales y generación de reportes de producción (Pérez, 2006). Con el propósito de enfrentar esta problemática, se han desarrollado varios proyectos integradores en el campo agroindustrial, en temas como procesamiento de papa frita (Seidel Ch., y otros, 2013), preparación de café y jugo de naranja en bolsa.

La metodología aplicada en los espacios académicos de ingeniería en automatización, está basada en la generación de proyectos integradores interdisciplinarios para contextualizar las teorías y conceptos vistos en el aula, lo cual ha demostrado que facilita el aprendizaje de nuevas ideas y conceptos, por medio del “hacer y construir”, base de constructivismo. (Tovar, 2001).

Los resultados obtenidos durante tres semestres consecutivos, ha permitido el desarrollo de nuevas estrategia de enseñanza basadas en “Estrategia de enseñanza para la solución de problemas como factor innovador en la competitividad industrial colombiana” (Patiño A. & Montoya J., 2013), “Método de proyectos” (Parra, 2003), “Aprendizaje basado en proyectos” (Galeana, 2002), las cuales se diferencian de las estrategias tradicionales (Ceballos A., 2004)

A continuación se presenta una descripción detallada del desarrollo de procesos agroindustriales de procesamiento y preparación de café y empaque de jugo de naranja en bolsa.

## 2. Proyectos integradores

Antes de definir que es un proyecto integrador es importante conocer el concepto de proyecto. Un proyecto es un conjunto de actividades orientadas a desarrollar uno o varios objetivos siguiendo una metodología, para lo cual es necesario contar con un grupo de personas calificadas y recursos cuantificados en forma de presupuesto, para lograr unos resultados en el tiempo respondiendo a un cronograma con una duración limitada (DGEST, 2013).

Para el programa de ingeniería en automatización, el proyecto integrador se lleva a cabo en los espacios académicos que conforman la praxis investigativa de la malla curricular, con el fin de desarrollar las siguientes competencias integrales en el espacio de diseño de máquinas:

- Aplica los fundamentos de matemáticas, física, ciencias naturales y de ingeniería para la solución de problemáticas del entorno social.
- Diseña sistemas automatizados de producción industrial, agroalimentarios, de manufactura y de servicios, para dar solución a problemáticas de la industria y de la sociedad.
- Integra conocimientos de sistemas electrónicos, mecánicos, informáticos y de gestión para el mejoramiento e innovación de máquinas y procesos de producción.
- Interactúa con una segunda lengua, para buscar y analizar posibles soluciones a problemas planteados.
- Selecciona y aplica tecnologías, procesos y metodologías que permitan la innovación y desarrollo de nuevas máquinas, procesos y equipos.
- Trabaja en grupo facilitando las relaciones interdisciplinarias y multiculturales, fortaleciendo sus habilidades de liderazgo.

Cada espacio académico que forma parte del semestre en el cual se realiza el proyecto integrador (I, IV, VI y VII semestre), debe seguir una metodología propuesta por cada docente.

### 3. Metodología para el desarrollo de procesos agroindustriales

La metodología para el desarrollo de proyectos integradores, se ha trabajado durante cuatro semestres en el programa de ingeniería en automatización, integrando los espacios académicos: diseño de máquinas, modelamiento y simulación de sistemas dinámicos, máquinas electromecánicas y electrónica industrial, con el fin de desarrollar las competencias integrales en los estudiantes, aprovechando los recursos físicos y tecnológicos con los que cuenta el programa y buscando nuevas estrategias de enseñanza en el aula. La metodología aplicada consistió en:

1. Planteamiento de un problema real: para definir la temática del proyecto, se reúnen los docentes de los espacios académicos involucrados en un mismo semestre, con el objetivo de seleccionar una propuesta que tenga impacto social, aplicación industrial, soluciones a problemas de pequeñas empresas nacionales y que permita desarrollar las competencias de los estudiantes de acuerdo con cada espacio académico.
2. En el espacio para que los estudiantes afiancen el método de investigación y planeen la ejecución del proyecto, el estudiante hace una búsqueda del estado del arte, análisis de alternativas y evaluación de las mismas dentro del espacio académico de diseño de máquinas. A medida que se avanza en el método de investigación, se va definiendo el diseño definitivo de la solución. Con el diseño establecido, se identifica la necesidad de indagar sobre la implementación de sensores y actuadores, que deben interactuar en forma lógica para permitir el control. Adicionalmente, el estudiante debe realizar un plan de implementación de la solución, con las actividades a desarrollar y el tiempo requerido para cada uno de ellos.
3. La solución al problema planteado requiere de trabajo colaborativo entre estudiantes, docente y otras personas. El estudiante consulta constantemente a los profesores, técnicos de laboratorio, estudiantes de semestres superiores y de otros semestres académicos, almacenes de venta de elementos técnicos y talleres especializados en operaciones industriales, con el fin de buscar las mejores alternativas para la implementación del proyecto, permitiendo la propuesta de soluciones diferentes por cada grupo de trabajo.
4. El empleo de espacios y herramientas “*hardware*” (herramientas de mecánica básica, controladores lógicos programables, variadores de velocidad, motores, entre otros) y “*software*” (autocad, solidworks, fluidsim de Festo®, Rslgix5000 de Rockwell®, TIA de Siemens®, entre otros), son fundamentales para el desarrollo de los proyectos integradores, permitiendo que los estudiantes adquieran una formación en herramientas tecnológicas líderes en la automatización industrial, lo cual facilita la formación práctica y competitiva del futuro profesional.

Esta metodología permitió al estudiante apropiarse de los conocimientos teóricos con mayor facilidad, empezando a asumir responsabilidades colectivas, organizar sus actividades y/o liderar o contribuir con su trabajo al alcance de un objetivo, pero permitió identificar problemas asociados a: costos del proyecto, espacio, recursos disponibles y el tiempo requerido para su ejecución. Buscando solucionar problemas anteriormente descritos, se propone una nueva metodología que permita disminuir los costos de implementación, optimizar espacios y recursos disponibles y disminuir el tiempo de elaboración de la solución planteado por los estudiantes.

En la figura 1 se describen cuatro etapas:

1. Planteamiento del problema, donde los docentes de los espacios académicos, seleccionan la temática a solucionar y estructuran un problema, teniendo en cuenta las competencias institucionales, profesionales y personales a desarrollar en el estudiante.
2. Planeación del proyecto, el estudiante define los parámetros a tener en cuenta en la solución, busca trabajo relacionados para identificar soluciones y evaluar alternativas de solución, seleccionando la que mejor se ajusta a las condiciones técnicas y económicas; en la última parte el estudiante diseña el subsistema correspondiente.
3. Construcción e integración de subsistemas los estudiantes elaboran los elementos que componen la solución e integran los diferente subsistemas dando como resultado el proceso agroindustrial automatizado.
4. Socialización de resultados permite dar a conocer ante la comunidad académica el trabajo realizado, donde el estudiante desarrolla competencias asociadas a su perfil profesional.

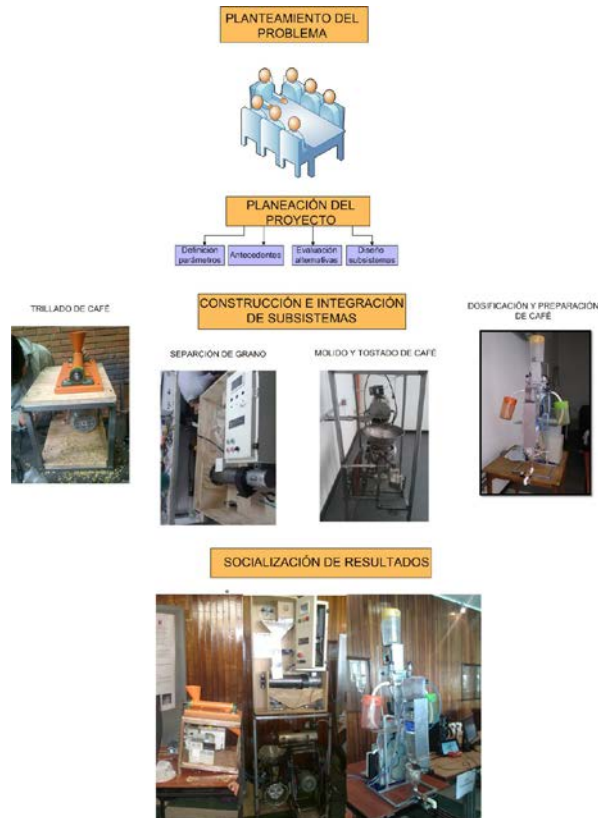


Figura 1. Nueva metodología proyector integrador

#### 4. Resultados

La metodología seguida ha permitido dar soluciones a problemas como:

1. El “Procesamiento y preparación de café”, en la cual se plantean diferentes diseños que permiten dar solución a cada una de las etapas que componen el proceso de transformación del café. Como resultado de este proyecto integrador se obtuvo una primera etapa de trillado de café, donde los estudiantes construyen un sistema de almacenamiento de café pergamino, para luego pasarlo a través de un eje con estrías, con el objetivo de romper la cáscara que contiene el grano; la segunda etapa es la separación de la cáscara de café pergamino y la clasificación de granos de café por granulometría, en donde los estudiantes aplican los conocimientos sobre sistema neumáticos, mecánicos y control; la tercera etapa del proceso es el tostado y molienda de café donde los estudiantes aplican conceptos de modelamientos y control de sistemas dinámicos; la cuarta etapa es la preparación de café mediante el sistema de pre-colado, el cual consiste en pasar una sustancia soluble a través de una sustancia permeable. Como se describe en la metodología se realiza la integración de cada una de estas etapas utilizando redes de comunicación industrial, lo que permite generar reportes de producción, buscando aplicar modelos de integración empresarial. En la parte inferior de la figura 1 se muestra el resultado final de este proceso.
2. La figura 2 presentan dos procesos de “empaques de jugo de naranja en bolsa.”, en la cual se muestran las etapas de corte, exprimido, almacenamiento, dosificación, empaque y control de calidad de jugo de naranja en bolsa. La primera etapa correspondiente al corte, los estudiantes implementan un sistema de almacenamiento, dosificación y corte de naranja utilizando conceptos de mecánica, neumática y programación de controladores. La segunda etapa de exprimido de naranja, los estudiantes implementan un sistema compuesto por: rodillo giratorio para extraer el jugo, malla para separar los desechos, sistema de bombeo para conducir el jugo al tanque de dosificación y sistema de control y supervisión.

La tercera etapa corresponde al almacenamiento y dosificación del jugo en una presentación de 300 ml, los estudiantes implementan un sistema de dosificación, por medio de una electroválvula utilizando conocimientos en modelamientos de sistema de dinámicos, sistema de control y supervisión.

La cuarta etapa corresponde al empaque y control de calidad del jugo de naranja, implementan un sistema de alimentación de polietileno de baja densidad y un sistema térmico para sellado y corte de la bolsa. Para el control de calidad implementan un sistema de pesaje, transporte y separación de bolsas que no cumplen con el peso establecido.



Figura 2. Proceso de empaque de jugo de naranja

## 5. Conclusiones

Este nuevo escenario de enseñanza ha permitido un mejor uso de espacios y equipos, disminución de costos de implementación de la solución y disminución en el tiempo de elaboración de los proyectos en las 16 semanas que componen un semestre académico, así como mejorar el trabajo en equipo. La aplicación de la estrategia de enseñanza basada en proyectos ha permitido que el estudiante se apropie de los conocimientos teóricos con mayor facilidad, empiece asumir responsabilidades colectivas, organizar sus actividades y/o liderar o contribuir con su trabajo al alcance de un objetivo. El estudiante se apropia del trabajo que realiza, permitiendo proyectar posibles implementaciones a un nivel comercial, donde pueda contribuir con ideas en la creación de nuevas empresas con un ingrediente innovador en sus productos.

Por otro lado, se identifica la necesidad de que el estudiante maneje unas competencias en: teoría de circuitos, sistemas digitales, programación aplicada a la ingeniería con el fin garantizar una integración y funcionamiento de las etapas que componen el proyecto integrador.

## 6. Referencias

### Artículos de revista

- Galeana, L. (2002). *Aprendizaje basado en proyectos*. México: Universidad de Colima.
- Patiño A., & Montoya J. (2013). Estrategia de enseñanza para la solución de problemas como factor innovador en la competitividad industrial colombiana. *Innovación en investigación y educación en ingeniería: Factores claves para la competitividad global*, 288.
- Seidel Ch., Diaz J., Morales L., Ciendua L., Patiño A., & Montoya J. (24 de Octubre de 2013). IEEE Explore. *Design and implementation of a machine for the production of potato chips*. Bogotá, D. C., Colombia. Recuperado el 30 de 05 de 2014

- Pérez, L. (2006). *Modelos de automatización. Técnicas emergentes para la automatización integrada de procesos industriales*. Mérida, Venezuela.
- Vento, J. (2006). *Optimización en automatización. Técnicas emergentes para la automatización integrada de procesos industriales*. Mérida, Venezuela.
- DGEST, D. d. (2013). *Proyectos integradores para el desarrollo de competencias profesionales del SNIT*. México: Secretaría de educación pública.

#### Libros

- Parra, D. (2003). *Manual de estrategias de enseñanza aprendizaje*. Medellín, Colombia: Pregon LTDA.
- Tovar, A. (2001). *El constructivismo en el proceso enseñanza aprendizaje*. Mexico D. F.: Instituto politecnico nacional.

#### Fuentes electrónicas

- Ceballos A. (29 de Septiembre de 2004). *Universidad Abierta*. Recuperado el tres de Junio de 2014, de <http://www.universidadabierta.edu.mx/Biblio/C/Ceballos%20Angeles>

#### Sobre los autores

- **Álvaro Antonio Patiño Forero:** Ingeniero en Automática industrial, Máster en Sistemas Mecatrónicos, de la Universidad de Brasilia. Profesor Asistente. [alapatino@unisalle.edu.co](mailto:alapatino@unisalle.edu.co)
- **Jairo Orlando Montoya Gómez:** Ingeniero Electromecánicos, Máster en ingeniería mecánica, de la Universidad de Los Andes. Profesor Asistente. [jamontoya@unisalle.edu.co](mailto:jamontoya@unisalle.edu.co)

---

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

Copyright © 2014 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)