



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:  
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16  
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,  
COLOMBIA



Encontro Internacional de  
Educação em Engenharia ACOFI

# Integrando la creatividad y habilidades profesionales en la formación de ingenieros: el papel de los cursos proyecto

Óscar Alberto Alvarez Solano, Ana María Mejía, Andrés González Barrios

Universidad de Los Andes  
Bogotá, Colombia

## Resumen

Producto de la revisión detallada de la formación en ingeniería y el perfil profesional del programa en Ingeniería Química del Departamento de Ingeniería Química y de Alimentos de la Universidad de Los Andes, se adelantó un proceso de reforma curricular, dando lugar a los llamados Cursos Proyecto, que fueron ejecutados e integrados al plan de estudios bajo los componentes del DIPP (Diseño Integrado de Productos y Procesos). Estos nuevos cursos traen como elemento diferenciador, además de su metodología, conceptos novedosos como: la creatividad, la promoción de habilidades propias de la disciplina y otras habilidades transversales al ejercicio de la ingeniería (también denominadas blandas).

**Palabras clave:** cursos proyecto; creatividad; ingeniería

## Abstract

*As a result of the detailed review of the engineering education and the professional profile of the Chemical Engineering program of the Department of Chemical and Food Engineering of the Universidad de Los Andes, a process of curricular reform was carried out, which resulted in the denominated Project Courses, that were implemented and integrated into the curriculum under the components of the DIPP (Integrated Design of Products and Processes). These new courses bring as a differentiating element, in addition to their methodology, novel concepts such as: creativity, the promotion of skills specific to the discipline and other transversal skills to the practice of engineering (also known as soft skills).*

**Keywords:** *project courses; creativity; engineering*

## 1. Introducción

Es posible dar una respuesta a la pregunta ¿Cuál es la relación entre la creatividad y la Ingeniería?, solo con la definición de creatividad “conectar cosas que no están conectadas” (Rey & Feyfant, 2012). Este es fue uno de los puntos de partida del proceso de reforma curricular realizado en el Departamento de Ingeniería Química y de Alimentos de la Universidad de los Andes, para involucrar creatividad en los espacios de formación.

Si se concibe la ingeniería como la resolución de problemas, mediante la interpretación de un mundo real (físico) en un lenguaje matemático. Entonces, es la resolución de problemas lo que hacen los ingenieros, y si a esto le damos el nombre de diseño (Horenstein, 2002), que a su vez se define como cualquier actividad que resulta en una solución y responde a la necesidad de un usuario (Cropley, 2015). Podemos inferir que el diseño permite conectar problemas y soluciones, es decir conectar cosas que no están conectadas.

Para crear espacios de formación que permitan desarrollar la creatividad en la formación de ingenieros, se encontró fundamental la promoción de habilidades como trabajo en equipo, comunicación efectiva y toma de decisiones. Para tal fin, se tomó como aproximación de diseño el concepto denominado DIPP (Diseño Integrado de Productos y Procesos (Alvarez, 2017)), una idea que acopla una aproximación multiescala (representada como las **3P**), que se caracteriza por integrar relaciones entre el **P**roducto, el **P**roceso y las **P**ropiedades, con la creatividad, la innovación y el emprendimiento.

El DIPP se desarrolla en una serie de pasos/etapas, que pueden o no seguirse en el siguiente orden.

- I. Identificar oportunidades (nuevos problemas) o necesidades (problemas existentes).
- II. Producir ideas para aprovechar una oportunidad o satisfacer una necesidad.
- III. Convertir la idea seleccionada en un prototipo (artefacto tangible) mediante la aproximación multiescala (3P). Es decir, establecer la relación entre las propiedades del producto (a nivel macroscópico, microscópico y molecular), las condiciones de proceso de fabricación, la formulación y composición del producto.
- IV. Integrar elementos que garanticen la sostenibilidad del proceso y del producto.
- V. Implementar el uso del producto.

Empleando el DIPP como eje transversal, se diseñaron 5 espacios de formación dictados de manera secuencial, desde el primer hasta el último semestre, basados en la aproximación POPBL por sus siglas en inglés, es decir orientados en un proyecto y basados en el aprendizaje a partir de la resolución de problemas. La estrategia consiste en enfocar una o varias partes del DIPP en cada curso de la siguiente forma:

- **Introducción al diseño integrado de productos y procesos.** Énfasis en las etapas I y II, acoplando actividades de ideación y trabajo en equipo.



- **Proyecto integrado 2.** Énfasis en la etapa III, acoplando actividades de ideación, trabajo en equipo y comunicación escrita.
- **Proyecto integrado 3.** Énfasis las etapas I, II y III, acoplando actividades de ideación, trabajo en equipo, comunicación oral y toma de decisiones.
- **Proyecto integrado 4.** Énfasis en las etapas IV y V, acoplando actividades de trabajo en equipo y comunicación escrita.
- **Proyecto de desarrollo Profesional.** Énfasis en las etapas IV y V, acoplando actividades de trabajo en equipo, comunicación oral y escrita y, toma de decisiones.

El uso del DIPP en para el desarrollo de los espacios de formación orientados en proyectos, ha generado una cultura de utilizar la creatividad en el marco de un trabajo colaborativo.

## 2. Marco Conceptual

Dada la brecha entre las necesidades de la industria y las competencias de los graduados en ingeniería, en el mundo laboral se percibe a los egresados de estos programas demasiado teóricos para adaptarse al contexto laboral práctico (Charosky, Hassi, Papageorgiou & Bragós, 2021). Se hace necesario que los programas de ingeniería integren cursos proyecto que permitan escalar retos reales de la industria (a los que se enfrentaría un profesional de la ingeniería química y de alimentos) a la academia. De la mano de lo anterior, la pertinencia de las estrategias a implementar y el contenido programático de dichos cursos requieren un análisis de dificultad adecuado al desarrollo de las competencias del estudiante, así como el avance en las bases teóricas. La pedagogía entonces es el pilar fundamental en la formación de ingenieros con nuevas competencias asociadas a la creatividad, la capacidad de innovación, las habilidades empresariales, el sentido de la responsabilidad, el pensamiento basado en problemas, la colaboración, la capacidad de comunicación y el manejo eficaz del estrés y la incertidumbre, entre otras, que serán cada vez más importantes para en el ejercicio de cualquier disciplina de la ingeniería. De manera que el Departamento de Ingeniería Química y de Alimentos identificó esa oportunidad e interpretó desde las bases del DIPP una nueva estructura curricular para sus programas en Ingeniería Química y de Alimentos.

## 3. Métodos

Como resultado del proceso de mejoramiento continuo en la calidad de la educación, el Departamento de Ingeniería Química y de Alimentos identificó la necesidad de una reforma del plan de estudios. Este proceso tuvo en cuenta a un grupo de constituyentes, que hicieron una revisión diligente del proceso, entre los que se encontraban egresados, empleadores, estudiantes, miembros del profesorado y asociaciones profesionales.

El objetivo principal fue implementar una estrategia curricular que involucrara la introducción de cursos proyecto orientados a promover en el estudiante el desarrollo de las siguientes habilidades:

- I. Identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería, aplicando principios de ciencias, matemáticas e ingeniería



- II. Aplicar el diseño de ingeniería en la generación de soluciones que cumplan necesidades específicas y consideren elementos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, medioambientales y económicos.
- III. Comunicarse efectivamente con un amplio rango de audiencias.
- IV. Reconocer su responsabilidad ética y profesional en situaciones de la ingeniería, además de realizar evaluaciones críticas, considerando el impacto de las soluciones de ingeniería en contextos globales, económicos, medioambientales y de la sociedad.
- V. Trabajar efectivamente en equipos cuyos miembros en conjunto aporten liderazgo, creen ambientes colaborativos e incluyentes, establezcan metas, planeen tareas y cumplan objetivos.
- VI. Diseñar y conducir experimentos apropiados, para analizar e interpretar datos y para utilizar criterios de ingeniería para generar conclusiones.
- VII. Adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando estrategias de aprendizaje apropiadas.

Integrando lo anterior, el plan de estudios reformado está estructurado alrededor de cuatro grandes objetivos en cada uno de los años de formación evidenciado en la Figura 1, de forma equivalente se tiene para el programa de Ingeniería de Alimentos.



Figura 1. Contenidos de formación del plan de estudios en Ingeniería Química.

De manera que el programa reformado de pregrado en Ingeniería Química de la Universidad de Los Andes emprende acciones para que sus egresados:

- Trabajen en la industria o en centros de investigación, y apliquen creativamente los principios de la ingeniería química en la solución de los problemas de la sociedad.
- Participen en proyectos profesionales y apliquen las herramientas y métodos de la ingeniería química en el análisis y diseño de productos y procesos, utilizando un enfoque que abarque desde la escala molecular hasta la macroscópica.
- Asuman posiciones de liderazgo en las áreas de aplicación de la ingeniería y otros campos profesionales.
- Realizar estudios de postgrado y demostrar un compromiso con el aprendizaje permanente.
- Demostrar un alto sentido de responsabilidad, autonomía y amplitud de pensamiento, así como el ejercicio ético de la profesión.

## 4. Resultados

Empleando la metodología descrita anteriormente en el programa de pregrado en Ingeniería Química de la Universidad de Los Andes, el cual fue reformado en 2019 y ahora ofrece un plan de estudios de 134 créditos. La estructura curricular está compuesta por 12 cursos (27 créditos) del ciclo de formación integral, 11 cursos (33 créditos) del ciclo de ciencias y matemáticas, 4 cursos (12 créditos) del ciclo de fundamentos de ingeniería general, 9 cursos (22 créditos) del ciclo de fundamentos de ingeniería química específica, 6 cursos del ciclo de proyectos (17 créditos), 4 cursos del ciclo de talleres (8 créditos) y 15 créditos del ciclo de electivas de profundización. La figura 2 muestra los componentes del plan de estudios.



Figura 2. Componentes por bloques del plan de estudios en Ingeniería Química.

### 4.1. Los Cursos Proyecto

El plan de estudios incluye cinco cursos basados en proyectos que combinan teoría y práctica para desarrollar soluciones a auténticos problemas del mundo real. Estos cursos aumentan su complejidad a lo largo del plan de estudios (es decir, desde el primer hasta el último año), y proporcionan experiencias de aprendizaje que promueven la motivación intrínseca y una comprensión e integración más profunda de los conocimientos adquiridos en otros cursos.

#### A. Introducción al Diseño Integrado de Procesos y Productos (Proyecto Integrado I).

Este curso introduce al concepto del DIPP (Diseño Integrado de Productos y Procesos) y se enfoca principalmente en las dos primeras etapas, pero el desarrollo proyecto involucra elementos de las etapas III (prototipado) y IV (sostenibilidad).

##### I. Identificar oportunidades (nuevos problemas) o necesidades (problemas existentes).

- II. **Producir ideas para aprovechar una oportunidad o satisfacer una necesidad.**
- III. Convertir la idea seleccionada en un prototipo (artefacto tangible) mediante la aproximación multiescala (3P). Es decir, establecer la relación entre las propiedades del producto (a nivel macroscópico, microscópico y molecular), las condiciones de proceso de fabricación, la formulación y composición del producto.
- IV. Integrar elementos que garanticen la sostenibilidad del proceso y del producto.
- V. Implementar el uso del producto.

Esto se logra mediante el planteamiento de un proyecto transversal que abarca cada etapa y cuyo prototipo debe ser presentado al final del periodo académico. Cada etapa tiene un conjunto de actividades que están diseñadas para promover el desarrollo de las habilidades necesarias para alcanzar los objetivos del proyecto. Al mismo tiempo, se tratan conceptos básicos de la Ingeniería Química y de Alimentos como: diagramas en ingeniería y balance de materia. Este curso desarrolla habilidades como el trabajo en equipo, la búsqueda y el análisis crítico de la información, la gestión de proyectos y ética profesional.

## B. Proyecto Integrado 2.

Este curso se enfoca principalmente en la etapa III, pero el desarrollo proyecto involucra elementos de las etapas I (identificación) y II (ideación).

- I. Identificar oportunidades (nuevos problemas) o necesidades (problemas existentes).
- II. Producir ideas para aprovechar una oportunidad o satisfacer una necesidad.
- III. **Convertir la idea seleccionada en un prototipo (artefacto tangible) mediante la aproximación multiescala (3P). Es decir, establecer la relación entre las propiedades del producto (a nivel macroscópico, microscópico y molecular), las condiciones de proceso de fabricación, la formulación y composición del producto.**
- IV. Integrar elementos que garanticen la sostenibilidad del proceso y del producto.
- V. Implementar el uso del producto.

Este curso tiene cuatro objetivos principales:

- Implementar los conceptos de Diseño Integrado de Producto y Proceso (DIPP) en proyectos de ingeniería con énfasis en el procesamiento.
- Seleccionar alternativas pertinentes para atender las necesidades de procesamiento industrial, estableciendo el tamaño de un equipo para una operación específica e integrando diferentes operaciones unitarias a un proceso determinado.
- Expresar ideas sobre los temas desarrollados en el curso a través de diferentes tipos de textos, utilizando habilidades de análisis, argumentación, reflexión y pensamiento crítico.
- Trabajar en colaboración en la resolución de problemas de ingeniería.



### C. Proyecto Integrado 3.

Este curso se enfoca principalmente en las etapas I, II y III, pero el desarrollo del proyecto involucra elementos de la etapa IV (sostenibilidad).

- I. **Identificar oportunidades (nuevos problemas) o necesidades (problemas existentes).**
- II. **Producir ideas para aprovechar una oportunidad o satisfacer una necesidad.**
- III. **Convertir la idea seleccionada en un prototipo (artefacto tangible) mediante la aproximación multiescala (3P). Es decir, establecer la relación entre las propiedades del producto (a nivel macroscópico, microscópico y molecular), las condiciones de proceso de fabricación, la formulación y composición del producto.**
- IV. Integrar elementos que garanticen la sostenibilidad del proceso y del producto.
- V. Implementar el uso del producto.

El objetivo del curso es diseñar un producto químico utilizando un enfoque multiescala. El proyecto ofrece un espacio donde la creatividad en el diseño de ingeniería química se integra en el diseño de productos y procesos. A lo largo del curso, el estudiante desarrollará habilidades de comunicación, trabajo en equipo y toma de decisiones.

### D. Proyecto Integrado 4.

Este curso se enfoca principalmente en las etapas IV y V.

- I. Identificar oportunidades (nuevos problemas) o necesidades (problemas existentes).
- II. Producir ideas para aprovechar una oportunidad o satisfacer una necesidad.
- III. Convertir la idea seleccionada en un prototipo (artefacto tangible) mediante la aproximación multiescala (3P). Es decir, establecer la relación entre las propiedades del producto (a nivel macroscópico, microscópico y molecular), las condiciones de proceso de fabricación, la formulación y composición del producto.
- IV. **Integrar elementos que garanticen la sostenibilidad del proceso y del producto.**
- V. **Implementar el uso del producto.**

Se pretende introducir técnicas y métodos de diseño de procesos (conceptuales y básicos), así como familiarizar al alumno con la metodología de desarrollo de proyectos. Los objetivos de aprendizaje incluyen:

- Comprender y aplicar las fases de un proyecto de ingeniería.
- Construir e interpretar diagramas de ingeniería.
- Reconocer y aplicar los criterios heurísticos de procesos y unidades.
- Diseñar trenes de separación e integrarlos en el proceso.
- Evaluar alternativas técnico-económicas para la integración energética de los procesos.



- Estimar los costos de capital de los equipos y unidades de proceso.
- Desarrollar un sistema de control completo.

Al finalizar el curso, el alumno será capaz de potenciar sus habilidades de trabajo en equipo, mejorar su capacidad de comunicación efectiva y reconocer problemas reales en la práctica profesional de la ingeniería química.

### **E. Proyecto de Desarrollo Profesional (Proyecto Integrado 5).**

Este curso puede abarcar todas las etapas del DIPP, algunas de ellas o una sola. La decisión y el alcance lo establece el profesor en conjunto con los estudiantes que participan de este espacio. Es necesario aclarar que este curso está a cargo de todos los profesores del departamento y cada profesor lidera diferentes proyectos con diferentes grupos de estudiantes.

Por ejemplo, si el proyecto que se quiere realizar tiene un enfoque en investigación, la etapa central del desarrollo en el DIPP será la etapa III.

- Convertir la idea seleccionada en un prototipo (artefacto tangible) mediante la aproximación multiescala (3P). Es decir, establecer la relación entre las propiedades del producto (a nivel macroscópico, microscópico y molecular), las condiciones de proceso de fabricación, la formulación y composición del producto.

Otro caso puede ser el desarrollo de un nuevo producto, para llevar a cabo este proyecto se tendría un enfoque en las 4 primeras etapas del DIPP.

- Identificar oportunidades (nuevos problemas) o necesidades (problemas existentes).
- Producir ideas para aprovechar una oportunidad o satisfacer una necesidad.
- Convertir la idea seleccionada en un prototipo (artefacto tangible) mediante la aproximación multiescala (3P). Es decir, establecer la relación entre las propiedades del producto (a nivel macroscópico, microscópico y molecular), las condiciones de proceso de fabricación, la formulación y composición del producto.
- Integrar elementos que garanticen la sostenibilidad del proceso y del producto.

Finalmente, La descripción de los cinco cursos basados en proyectos se puede resumir en los elementos presentados en la Figura 3.



	<b>P1 INTRODUCIR</b>	<b>P2 INTEGRAR</b>	<b>P3 DISEÑAR</b>	<b>P4 INNOVAR</b>	<b>P5 DESARROLLAR</b>
	Producto/ Prototipo	Diseño de Procesos	Producto/ Prototipo	Diseño de Procesos	Diseño de Producto/Proceso
	4 Estudiantes por equipo	3 Estudiantes por equipo	4 Estudiantes por equipo	5 Estudiantes por equipo	A criterio del profesor
Características del reto	Proponer una idea de producto que responda a una fuente de oportunidad.	Seleccionar las alternativas pertinentes para satisfacer las necesidades de diseño industrial.	Diseñar y probar un producto químico	Realizar un ejercicio de ingeniería conceptual para la producción de un producto a escala industrial.	Desafío profesional definido por una empresa o el profesor principal del curso.
Entregables de la actividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelo de negocio para el producto seleccionado</li> <li>Primer prototipo</li> <li>Presentación oral intermedia</li> <li>Trabajo final escrito</li> <li>Prototipo final</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Informe escrito 1</li> <li>Folleto</li> <li>Informe escrito 2</li> <li>Informe escrito 3</li> <li>Presentación oral</li> <li>Informe final</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Primera idea de prototipo</li> <li>Maqueta del prototipo</li> <li>Prototipo final a partir de un enfoque multiescala (con especificaciones moleculares, microscópicas y macroscópicas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construcción de diagramas de ingeniería</li> <li>Diseño de un tren de operaciones unitarias</li> <li>Modelo de negocio para el proceso</li> <li>Diseño de un sistema de control</li> <li>Simulación y modelización de equipos</li> <li>3 Informes escritos</li> <li>3 Sustentaciones Orales</li> </ul>	Reto dividido por etapas: <ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso de innovación</li> <li>Planteamiento y creación de prototipos</li> <li>Selección de un modelo de negocio sostenible</li> <li>Diseño del modelo de producción</li> </ul>
	<b>AÑO 1</b>	<b>AÑO 2</b>	<b>AÑO 3</b>	<b>AÑO 4</b>	<b>AÑO 4</b>

Figura 3. Descripción de los cursos proyecto del plan de estudios en Ingeniería Química.

## 5. Conclusión

La creación de espacios de aprendizaje enfocados en cursos proyectos, en los cuales el eje central es el diseño en ingeniería y la creatividad, utilizando a su vez el concepto del DIPP (Diseño Integrado de Procesos y Productos), comienza a mostrar como habilidades de trabajo en equipo, comunicación y toma de decisiones son competencias que el estudiante adquiere y emplea al momento de resolver problemas de ingeniería.

## 6. Referencias

### Artículos de revistas

- Charosky, G., Hassi, L., Papageorgiou, K., & Bragós, R. (2021). Developing innovation competences in engineering students: a comparison of two approaches. *European Journal Of Engineering Education*.
- Horenstein, M.N. (2002). *Design concepts for engineer's* 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc.

- Rey, O. Feyfant, A. (2012) Vers une Éducation plus Innovante et Créative. Dossier d'Actualité Veille et Analyses (70). Institut Français de l'Éducation.

### **Libros**

- Cropley, D.H. (2015). Creativity in Engineering (Explorations in Creativity Research). Elsevier Science.

### **Memorias de Congresos**

- Alvarez, O. (2017). Integrating creativity in the design of chemical products. 7th Research in Engineering Education Symposium (REES 2017): Research in Engineering Education. 612.

---

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

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

