

# Multidisciplinary Project of Engineering Design (MPED): a space for curricular consideration

Carola Hernández, PhD<sup>1</sup>· Carola Gómez, candidata a PhD<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Universidad de los Andes, Colombia, c-hernan@uniandes.edu.co, c.gomez19@uniandes.edu.co

*Abstract– This document uses a case study to present the challenges engineering programs face in moving from a content-oriented curriculum to a competency-oriented curriculum, as well as the reflections that teachers and students can bring to curricular reforms. Teachers' reflections focus on improving what students identify as valuable and which teachers find challenging at the same time. The challenges identified are the transition from masterclasses to supervisory meetings, process orientation, emerging problems, and the use of real contexts.*

*Keywords: Competencies curriculum, PO-PBL, Project-driven course, Curriculum reform*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.429>  
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

**18<sup>th</sup> LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology:** “Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable Development” “Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on a Knowledge-Based Economy”, July 27-31, 2020, Virtual Edition.

# Proyecto Multidisciplinario de Diseño en Ingeniería - PMDI: un espacio para la reflexión curricular

Carola Hernández, PhD<sup>1</sup>, Carola Gómez, candidata a PhD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de los Andes, Colombia, [c-hernan@uniandes.edu.co](mailto:c-hernan@uniandes.edu.co), [c.gomez19@uniandes.edu.co](mailto:c.gomez19@uniandes.edu.co)

**Resumen-** Este documento emplea un caso de estudio para presentar los retos que enfrentan los programas de ingeniería al movilizarse de un currículo orientado por contenidos a un currículo orientado por competencias, así como las reflexiones que profesores y estudiantes pueden aportar a las reformas curriculares. Las reflexiones de los profesores se centran en el mejoramiento de aquello que los estudiantes identifican como valioso y que, al mismo tiempo los profesores encuentran retador. Los retos identificados son el paso de clases magistrales a las reuniones de supervisión, la orientación al proceso, los problemas emergentes y el uso de contextos reales.

**Palabras Clave-** Currículos por competencias, Aprendizaje Basado en Problemas -Orientado por Proyectos, Cursos proyecto, Reformas curriculares.

## I. INTRODUCCIÓN

En una sociedad globalizada en la cual aumentan continuamente la complejidad e interdependencia, evidenciamos una tensión entre las demandas y necesidades del mercado laboral y la preparación de los jóvenes que deben asumir dichos retos. En esta tarea, la educación superior juega un papel fundamental debido a su misión de educar ciudadanos que conformen una fuerza laboral con la capacidad de enfrentar los desafíos de la globalización de una manera ética y competente. Por lo tanto, las universidades están llamadas a crear espacios que permitan a los estudiantes desarrollarse personal y profesionalmente, con conocimiento disciplinario y habilidades sociales y cognitivas que les permitan generar soluciones creativas e innovadoras a los problemas de la sociedad actual.

Sin embargo, las universidades en sí mismas son organizaciones que se estabilizaron en el siglo XIX y en donde priman las pedagogías tradicionales, con currículos centrados en los contenidos [1] y orientados al desarrollo de las disciplinas como campos particulares de saber. Así, afrontan retos importantes para movilizarse a propuestas pedagógicas innovadoras donde los currículos se orienten al desarrollo de competencias y pueda evidenciarse qué y cómo aprenden los estudiantes [2]-[5].

En general, los esfuerzos por reformar el currículo en la institución universitaria han estado orientados principalmente por criterios administrativos y de gestión, que pierden de vista el propósito educativo de las universidades. Por lo tanto, las reformas reproducen la comprensión tradicional del currículo como los planes y programas de estudio que describen los contenidos disciplinares que ofrece la institución [6]-[7].

En este sentido, el reto de las reformas curriculares en las universidades es la generación de cambios más orgánicos y menos mecánicos, implementados desde perspectivas sistémicas y participativas que movilicen las comprensiones de la comunidad educativa sobre currículo y las implicaciones de reformarlo [4]-[8]-[9].

Particularmente, la Universidad de Los Andes realizó en 2008 una reforma curricular orientada a transformar sus currículos para el desarrollo de competencias. La Facultad de Ingeniería participó activamente de este proceso y adicionalmente inició su acreditación ABET. En 2012, los programas de Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería de Sistemas y Computación, Ingeniería Industrial e Ingeniería Química fueron acreditados por ABET. El más joven de los programas, Ingeniería Biomédica no entró en el proceso por no tener aún suficientes cortes graduadas, pero en los siguientes años incorporó las sugerencias realizadas a otros programas con el propósito de presentarse a la acreditación en 2018.

Como resultado de los análisis realizados en los currículos internos y externos, todos los programas generaron algunos espacios para cursos que incluyen el desarrollo de proyectos por parte de los estudiantes. En especial se destaca InnovAndes, espacio donde los estudiantes presentan en una feria abierta a empresarios, familias y la comunidad, los proyectos desarrollados en sus cursos de introducción a los ocho programas de ingeniería y que se realizan durante su primer semestre en la universidad. Algunos programas tienen adicionalmente un proyecto intermedio que se ubica en 5 o 6 semestre y los cursos Capstone de cierre de carrera.

En 2017, se retomaron los procesos de revisión curricular. Tras varios años de implementación de la reforma previa y los procesos de acreditación, tanto nacionales como internacionales, se empezaron a identificar fortalezas de los programas, así como algunas debilidades. Una de las identificadas fue que no había ningún curso que los estudiantes de todos los programas pudieran tomar y que estuviera orientado a la resolución de problemas de ingeniería. Muchos de los cursos de ciencias básicas se ofrecen a todos los estudiantes de los ocho programas de ingeniería, otras disciplinas de las facultades de ciencias e incluso economía y administración. Pero en estos cursos no se realiza realmente ningún proceso de aprendizaje interdisciplinario, y en muchos casos no es necesario para los estudiantes interactuar con personas de otras carreras.

Adicionalmente, se encontró que cada programa había implementado los cursos que incluían el desarrollo de proyectos de maneras diversas. En muchos casos los cursos

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.44>;

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

estaban muy orientados al desarrollo de competencias técnicas y no era explícito el trabajo pedagógico hacia las competencias transversales como trabajo en equipo, ética de la profesión o las formas de comunicación oral o escrita.

De otro lado, desde la decanatura se ha venido dando un proceso para establecer mayores y más cercanos vínculos con empresas y organizaciones. Una posibilidad interesante es generar espacios que permitan a los estudiantes acceder a ellas como espacios de aprendizaje y así enriquecer su experiencia de la profesión antes de la graduación.

Por estas razones, en 2018 el curso Proyecto Multidisciplinario de Diseño en Ingeniería (PMDI) surgió como una respuesta a estas necesidades, y con el propósito de convertirse en un espacio de innovación para toda la Facultad. El diseño e implementación del curso, así como la recolección de información cualitativa a través de encuestas, entrevistas y grupos focales durante cada semestre, han permitido profundizar sobre las visiones y tensiones curriculares de los profesores, directivos y estudiantes de la facultad. Por lo tanto, este documento presenta el diseño curricular y pedagógico del curso, los resultados obtenidos durante su implementación desde 2018 y la descripción de los desafíos que ha revelado el desarrollo del curso para la Facultad.

## II. DISEÑO PEDAGÓGICO DEL CURSO PMDI

Proyecto Multidisciplinario de Diseño de Ingeniería (PMDI) retoma la propuesta curricular y pedagógica del Aprendizaje Basado en Problemas Orientado por Proyectos (ABP-OP). Esta propuesta que ha sido desarrollada en la Universidad de Aalborg desde 1975 se sustenta en algunos principios fundamentales [9]–[12] que se materializan a lo largo de todos los semestres en un currículo en donde los estudiantes empelan la mitad de su tiempo en el curso-proyecto y la otra mitad estudiando tres cursos que aportan al desarrollo de este.

En el caso de PMDI el tiempo empleado por los estudiantes es de un sexto de su carga semestral total y los otros cursos no se articulan con el proyecto de manera explícita. Sin embargo, se busca cuidar los mismos principios que se presentan a continuación. El primero consiste en que el problema es quien orienta el proceso de aprendizaje de los estudiantes y la organización a través del proyecto es quien da el marco para que los estudiantes aborden el problema y propongan soluciones al mismo.

Un segundo principio es que son los estudiantes quienes son responsables de su aprendizaje y los profesores actúan como sus facilitadores y guías. El tercer principio se orienta a que los problemas en general son interdisciplinarios por lo cual un abordaje de equipos interdisciplinarios es lo más consistente con la búsqueda de posibles soluciones. Y finalmente, el cuarto principio común es la necesidad de tener problemas que se desarrollen en proyectos que sean ejemplares, es decir que tengan la posibilidad de permitir a los estudiantes entender a profundidad la estructura de la disciplina. En este sentido, el

problema específico debería tener el potencial de dar lugar a una comprensión ejemplar del problema general.

Así, en PMDI se busca que estudiantes de los ocho programas de ingeniería creen equipos de trabajo de cuatro a cinco estudiantes de diferentes disciplinas y sean asesorados por dos o tres profesores de diferentes campos de ingeniería. Los equipos escogen un contexto donde se ha formulado un reto y, a partir del análisis que realizan, deben identificar problemas o necesidades y convertirlos en oportunidades para aplicar sus conocimientos y habilidades, utilizando el diseño de ingeniería para proporcionar soluciones relevantes, viables y sostenibles.

Los objetivos propuestos para el curso son que los estudiantes:

- A. Empleen herramientas de innovación para entender a profundidad los contextos para la identificación de problemas clave y sus necesidades asociadas.
- B. Propongan e implementen soluciones a problemas del contexto real utilizando competencias básicas de ingeniería.
- C. Desarrollen productos, procesos o servicios en equipos multidisciplinarios con valor académico para el sector real.
- D. Identifiquen las condiciones económicas y sociales que intervienen en el desarrollo de la solución propuesta
- E. Vivan procesos de enseñanza-aprendizaje novedosos, los analicen y contrasten con los que han vivido en diferentes situaciones educativas.
- F. Interactúen con otros estudiantes y docentes de ingeniería y construyan conocimiento negociando sobre perspectivas diferentes.
- G. Comuniquen efectivamente, de manera oral y escrita, los avances y resultados de sus proyectos.

El modelo de diseño en ingeniería que va marcando el desarrollo del proyecto tiene cuatro fases: estructuración, ideación, prototipado e implementación. Se espera que cada una de ellas tenga una duración de 4 semanas, sin embargo, cada proyecto tiene su propio ritmo de desarrollo. Al final de cada fase los equipos tienen una presentación oral del proyecto y deben entregar un reporte escrito del mismo, lo que permite ir marcando el ritmo para todos los participantes.

El curso se desarrolla a través de tres tipos de actividades:

- Sesión de clase: En estas sesiones se espera que todos los estudiantes asistan al salón asignado al curso y en el horario habitual para recibir orientaciones generales sobre el desarrollo de los proyectos.
- Sesión de trabajo en equipo. En estas sesiones se espera que los estudiantes se reúnan en sus equipos de trabajo en el salón asignado al curso y en el horario habitual para avanzar en el desarrollo de sus proyectos. No necesariamente implica la participación de los profesores en la actividad.
- Sesión de supervisión. En este tipo de sesión se espera que los equipos se reúnan con los docentes asesores

para presentar avances, recibir orientaciones y tomar decisiones sobre el curso del proyecto.

En el cronograma del curso se indica que tipo de actividad ocurrirá cada semana y se espera esto marque el ritmo de trabajo de todos los participantes.

Para favorecer el trabajo multidisciplinario se ha implementado una estrategia pedagógica específica que apoye en los estudiantes a desarrollar habilidades de trabajo en equipo. En consecuencia, en algunas sesiones de clase se llevan a cabo actividades para que los equipos establezcan reglas de auto-regulación, lean y discutan formalmente sobre las características y estrategias para trabajar en equipo y reflexionen sobre las dinámicas internas de sus grupos de manera que puedan tomar acciones para ser más efectivos (para conocer a mayor profundidad este trabajo los invitamos a leer [13]).

La evaluación del curso se realiza a través de los productos que consolidan el cierre de cada fase (85%) y el 15% restante se califica explícitamente con los resultados en el trabajo en equipo a lo largo del curso. Al inicio de cada fase se presentan rúbricas de evaluación que orientan los productos esperados. Dichas rúbricas donde se presentan los criterios y niveles de desarrollo esperados por los estudiantes han sido construidas por los equipos de profesores y refinados a lo largo de los semestres de acuerdo con la experiencia que se ha generado en el curso. En ellas se plantean diferentes elementos a considerarse como la descripción del contexto, la formulación del problema, la presentación de alternativas de solución, el planteamiento de planes de implementación, la calidad de la comunicación escrita y el nivel de reflexión de los integrantes del equipo sobre los logros y desafíos del proyecto desarrollado.

Se busca que las evaluaciones no estén centradas en un único actor por lo cual los documentos escritos son evaluados por los equipos de profesores y las presentaciones orales por todos los asistentes a la sesión de presentación, así los estudiantes co-evalúan el avance de sus compañeros. Para el trabajo en equipo se utilizan procesos de auto-evaluación y co-evaluación de los estudiantes al interior de los equipos, y una tercera rúbrica sobre el desempeño general del equipo en relación con su capacidad de trabajar juntos que considera las siguientes dimensiones: claridad de objetivos, distribución de responsabilidades, detección y resolución de problemas, espacios de planificación, y manejo emocional.

Finalmente, para promover el desarrollo de las habilidades asociadas a los procesos económicos del proyecto, cada equipo recibe una suma de dinero cercana a 300 dólares para utilizar a lo largo del semestre. Este dinero puede ser utilizado en gastos de movilidad, laboratorios y materiales a través de un protocolo establecido con la parte administrativa de la Facultad.

### III. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PMDI

#### *Población*

A continuación, se presenta una tabla descriptiva del número de estudiantes, docentes y contextos con los que ha trabajado el curso en cada semestre de implementación:

TABLA I  
IMPLEMENTACIONES SEMESTRALES DE PMDI

Semestre	Contextos	Estudiantes	Profesores
2018-1	4	23	16
2018-2	6	36	20
2019-1	6	23	12
2019-2	6	30	10
2020-1	3	15	6

#### *Contextos de los proyectos*

A continuación, presentamos los contextos y proyectos que se han desarrollado en ellos. Las descripciones de las problemáticas son obtenidas de los informes presentados por los equipos.

- *Obra Social Santa María de Guadalupe*: Hogar de acogida para adultos mayores de bajos recursos, ubicada a las afueras de Bogotá. El hogar ofrece vivienda, alimentación, salud y educación a los ancianos, y se financia mediante donaciones en dinero y en especie de organizaciones de distintos sectores del país. Las principales necesidades de este contexto radican en el mal estado de las instalaciones e infraestructura, la falta de equipamiento y personal apropiados para atender la salud de los ancianos, y el alto consumo y costo de agua y electricidad. Cuatro equipos han aportado a proponer soluciones en este contexto: 1. generación de una pulsera que ubica por wifi a los adultos mayores para que no se salgan del hogar y evitar que se pierdan. 2. Ahorro de agua utilizando el reciclaje mecánico de aguas provenientes de las máquinas lavadoras. 3. Ahorro de agua aprovechando las aguas lluvias que son tratadas para consumo humano. 4. Instalación de un panel solar y sistema de detección de movimiento para iluminar el paso nocturno a los baños.

- *CELTA*: Parque industrial ubicado a las afueras de Bogotá que aloja 175 empresas de distintas industrias del país. Su principal problemática radica en el inadecuado tratamiento de aguas con residuos industriales que amenaza con un alto impacto negativo ambiental y económico para la región debido al incumplimiento de normas ambientales. Dos equipos han desarrollado sus proyectos: el primero midiendo y caracterizando los tipos de residuos, el segundo generando un mapa de industrias y sus desechos típicos para poder generar una estrategia de organización de trampas de atrapado de residuos.

- *Bavaria*: Industria líder de bebidas, especialmente del sector cervecero. La empresa requiere generar estrategias para el aprovechamiento de los coproductos que se generan durante

el proceso maltero y cervecero, dentro de los cuales destacan: polvillos, raicillas, afrechos, levadura y tierras diatomeas. Cuatro equipos han trabajado en este contexto proponiendo nuevos usos para las tierras diatomeas (insecticida), el Hot Trub (pegante), y dos equipos con afrechos (base de alimento para desarrollo de hongos).

- *Empresas al interior de CELTA*: Algunas empresas al interior de CELTA han participado para presentar situaciones problemas concretas. Tres equipos han participado en estos espacios proponiendo principalmente innovaciones en procesos que permitirían mejoras en la producción de los servicios propuestos.

- *Purificación*: Purificación es un municipio agropecuario ubicado en el departamento del Tolima. El cultivo de arroz representa la mayor parte de la economía de la región, ocupando 8000 ha de las 9000 ha del territorio destinado a la agricultura. Los principales problemas de este contexto radican en las técnicas ineficientes de cultivo, los altos residuos de cascarilla y la sobreproducción. En este contexto han participado cuatro equipos: el primero desarrolló un prototipo de platos utilizando la cascarilla de arroz y un segundo equipo caracterizó mejor la mezcla para la generación de estos artefactos. Un tercer equipo trabajó en el desarrollo de un abono para el arroz a partir de generar carbón enriquecido en procesos de combustión no oxigenada. El último equipo colaboró con Innovar Purificación, una organización local, en ayudar a transformar con pedagogías activas y nuevos diseños de laboratorio unos talleres orientados a generar compostaje por parte de los campesinos.

- *Icononzo*: Icononzo es una población a dos horas de Bogotá, donde se estableció una de las comunidades desmovilizadas con la firma de los acuerdos de paz, que dieron fin al conflicto colombiano en 2018. Al ser la comunidad más cercana a la capital, este espacio sirvió para colaborar desde la universidad en estos procesos. Allí dos grupos desarrollaron proyectos: el primero estructuró una página web para apoyar un servicio de voluntariado que conectara personas de Bogotá con proyectos concretos en Icononzo; el segundo grupo apoyó a una microempresa de madres comunitarias en desarrollar un prototipo de pañal reutilizable y plantear un plan de negocio para su comercialización.

- *Campus Uniandes*: La Universidad de los Andes es una institución colombiana de educación superior con 19 mil estudiantes y 4 mil empleados que conviven diariamente en alrededor de 11 hectáreas construidas. En los últimos años la Universidad ha identificado diversas problemáticas asociadas al uso de los baños de uno de los edificios del campus que es altamente frecuentado por la comunidad educativa: estrechez de la sala de baño, reducido número de cubículos frente a la alta demanda, rápido rebosamiento de canecas, funcionamiento errático de los sensores de vaciado, afectaciones a la ergonomía del personal de aseo. Este contexto tiene la particularidad de permitir a los estudiantes ver la universidad de una manera más amplia y dimensionar

que es una organización con diversas necesidades. Tres equipos han ayudado a plantear soluciones a esta problemática: el primero desarrollando un prototipo de una caneca de basura con un dispositivo que comprime el papel dándole mayor tiempo de uso y generando un baño más limpio, el segundo desarrollando un dispositivo que indica si los baños están ocupados o no y brindando esta información a través de una aplicación web. Y el tercero apoyando el desarrollo de una campaña de educación para los nuevos procesos de reciclaje que debe implementar la Universidad de acuerdo con un cambio en la legislación colombiana y que entrará a regir desde 2021.

Considerando que las rubricas de evaluación se han ajustado a lo largo de la experiencia del curso no es posible establecer una comparación cuantitativa de los resultados logrados por los estudiantes en estos 5 semestres. Sin embargo, a partir de la descripción del tipo de proyectos planteados y las propuestas implementadas por los estudiantes se evidencia que los objetivos del curso se cumplen en su gran mayoría. Unos de los puntos débiles del curso es que los estudiantes no logran hacer un uso efectivo y eficiente del presupuesto disponible, y en muchos casos no lo emplean completamente.

#### *Valoración de la experiencia por parte de estudiantes*

De acuerdo con los testimonios de los estudiantes, hay cuatro características del modelo curricular del curso (APB-OP) que hacen de su paso por el curso una experiencia altamente gratificante, constructiva y formativa: el uso de contextos reales, la problematización, la multidisciplinariedad y el trabajo en equipos. En cuanto al uso de contextos reales, los estudiantes valoran el contacto con situaciones y comunidades reales porque les permite ampliar el espectro de aplicabilidad de sus disciplinas y ponerse a prueba como ingenieros con un cliente real como receptor de la solución desarrollada.

De igual manera, los estudiantes resaltan como altamente retadora la invitación a problematizar en los contextos que ofrece el curso. Esto debido a que, por lo general, en los cursos que han trabajado en proyectos son los profesores los que han definido el problema y ellos deben concentrarse en el diseño disciplinar de la solución apropiada. En PMDI se requiere que ellos definan el problema, es decir se hagan realmente orientadores de sus aprendizajes. Al iniciar el curso les parece que deben ir rápidamente a un problema y las soluciones, por lo cual la fase de estructuración les resulta difícil y en algunos momentos innecesaria pues les quita tiempo de encontrar la solución en sí misma. No obstante, PMDI requiere que los estudiantes no solo desarrollen una solución apropiada, sino que identifiquen un problema relevante en un contexto real, al que puedan aportar desde sus disciplinas en el plazo de un semestre académico.

Adicionalmente, los estudiantes evidencian como un aporte fundamental del curso el trabajo con sus colegas de otras ingenierías. Al tener que problematizar y desarrollar una

solución relevante para el contexto, los estudiantes intercambian saberes de las distintas ingenierías involucradas en los equipos y se familiarizan con el lenguaje, los procedimientos y las técnicas propias de otras ingenierías con las que no habían tenido contacto. Estos aprendizajes son valorados por los estudiantes como preparación imprescindible para el ejercicio de su profesión.

Por último, los estudiantes rescatan el énfasis del curso en el desarrollo de estrategias para el trabajo en equipo. Estrategias como el contrato de equipo y la auto y coevaluación hacen que los miembros del equipo desarrollen habilidades tanto para el compromiso y ejecución de tareas específicas que hacen avanzar al proyecto, como para el cuidado de las relaciones con sus compañeros de equipo que, de igual manera, son fundamentales para garantizar el avance del proyecto [13].

#### *Valoración de la experiencia por parte de docentes: tensiones y retos*

De otro lado, participar en un curso como PMDI ha implicado para los profesores el surgimiento de tensiones específicas asociadas a la transición de un modelo curricular basado en contenidos a uno basado en competencias y que se reporta en [14]. Las tensiones han sido planteadas como retos y rutas estratégicas de trabajo para hacia un modelo curricular basado en competencias como PMDI. La primera de ellas es la tensión entre la clase magistral y las reuniones semanales de seguimiento a los equipos, pues los profesores consideran que pierden el espacio de exponer a los estudiantes el contenido central, les cuesta asumir el espacio como más de diálogo y donde los estudiantes asumen mayor autonomía sobre su aprendizaje expresando lo que necesitan y desean saber, más que lo que el profesor considera deben saber.

Una segunda tensión aparece entre la orientación al producto y la orientación al proceso. Esta tensión evidencia una clara orientación al contenido por parte de muchos profesores que expresan una preocupación por que las personas en el contexto reciban una solución técnicamente funcional. Así, en muchos casos les cuesta comprender que garantizar la calidad del proceso tiene mayores ventajas para los estudiantes, que logran profundizar más en la experiencia, y que los prototipos no funcionales cumplen un papel fundamental para el aprendizaje. Pese a esta preocupación de los profesores, hasta este momento, todos los equipos han terminado sus prototipos y en los contextos los consideran un aporte.

La tercera tensión se refiere a problemas prediseñados vs la problematización. Este es un punto crítico que evidencia las diferencias entre las dos propuestas curriculares. Mientras que en un currículo por competencias como el ABP-OP la definición del problema es el origen del proceso, y se requiere focalizar la energía de los estudiantes en plantear los problemas más que solucionarlos, en los currículos

tradicionales el foco está en la solución que aplica los contenidos presentados por el profesor. Este proceso es nuevo para los estudiantes, como ellos mismos plantearon, y para los profesores en muchos casos implica un uso poco efectivo del tiempo; varios de ellos expresan que les resulta extraño que los estudiantes tomen casi medio semestre en esta fase. De otro lado, esto no sería de extrañar si es la primera vez que los estudiantes realizan este tipo de problematizaciones.

La última tensión se genera entre las condiciones de laboratorio y los contextos reales. En este caso los profesores nuevamente se refieren a que los contextos son mucho menos controlados, más ambiguos y amplios, mientras los estudiantes han estado permanentemente trabajando en laboratorios donde es mucho más sencillo controlar las diferentes variables. Adicionalmente, en PMDI cada contexto presenta sus propios retos, al contrario de un laboratorio donde todos los estudiantes reciben la misma guía y realizan los mismos procedimientos. Cuestionamientos adicionales aparecen cuando en estos contextos además se trabaja con comunidades y es necesaria de manera más explícita la toma de decisiones éticas asociadas al desarrollo del proyecto.

#### IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

PMDI es un curso que busca movilizar el proceso de reforma curricular en la Universidad de los Andes desde una perspectiva más orgánica y sistémica que genera cambios profundos y sostenibles en el modelo curricular de la institución. Este enfoque permite identificar nuevas barreras y retos para los procesos de reforma, distintos de aquellos identificados por los enfoques administrativos y burocráticos tradicionales (como la selección y el orden de contenidos disciplinares) como se propone en [4]-[8]-[9].

De acuerdo con el diseño pedagógico del curso PMDI, basado en problemas y orientado por proyectos, la valoración de la experiencia por parte de estudiantes y docentes indica que, aquello que los primeros identifican como muy valioso, a los segundos les resulta retador: contextos reales, problematización, multidisciplinariedad y trabajo en equipo.

Adicionalmente, los profesores identifican la gran dificultad de los estudiantes en abordar los temas éticos asociados al desarrollo de los proyectos. De manera informal muchos han expresado que este tipo de cursos deberían movilizarse hacia el inicio de la carrera para que realmente los estudiantes tengan varias oportunidades de desarrollar las habilidades necesarias.

En el marco de la revisión curricular de los programas, identificar estas tensiones ha generado otras reflexiones en el colectivo de profesores como, por ejemplo: si todos los cursos tipo proyecto deben responder a este mismo diseño curricular o si existen diversas posibilidades para este tipo de espacios de aprendizaje, si hay un modelo preferente de curso proyecto según el semestre en que esté el estudiante para apoyar el desarrollo de su autonomía, o si siempre se debe utilizar la estrategia para trabajo en equipo en todos los cursos proyecto. Por este motivo se ha generado un comité que está analizando

y discutiendo esta información para dar sugerencias a los programas al respecto.

#### AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a los profesores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Los Andes que han aceptado participar del curso PMDI. En muchos momentos ha sido tensionante para ellos, pero su disposición a realizar el curso y aprender en él ha generado interesantes reflexiones para toda la Facultad.

#### REFERENCIAS

- [1] G. R. Lueddeke, "Professionalising teaching practice in higher education: A study of disciplinary variation and 'teaching-scholarship,'" *Stud. High. Educ.*, vol. 28, no. 2, pp. 213–228, 2003.
- [2] N. J. Entwistle and E. R. Peterson, "Conceptions of learning and knowledge in higher education: Relationships with study behaviour and influences of learning environments," *Int. J. Educ. Res.*, vol. 41, no. 6, pp. 407–428, 2004.
- [3] A. Stes, D. Gijbels, and P. Van Petegem, "Student-focused approaches to teaching in relation to context and teacher characteristics," *High. Educ.*, vol. 55, no. 3, pp. 255–267, 2008.
- [4] F. Díaz-Barriga Arceo, "Reformas curriculares y cambio sistémico: una articulación ausente pero necesaria para la innovación," *Rev. Iberoam. Educ. Super.*, vol. 3, no. 7, pp. 23–40, 2012.
- [5] C. Hernandez and I. A. Flores, "Pedagogical mentoring and transformation of teaching practices in university," *Kybernetes*, p. K-04-2018-0212, May 2019, doi: 10.1108/K-04-2018-0212.
- [6] C. Gómez and C. Hernández (2019). "Entre el Currículo y la Organización: una articulación necesaria". *Debates en Educación y Currículum ISSN 2448-6574*, 155-165.
- [7] E. Méndez, Gerencia de las organizaciones educativas. *Negotium. Revista Científica Electrónica de Ciencias Gerenciales*, 202-226, 2012.
- [8] C. Hernández, M. Benitez, and I. A. Flores, Transformation of Teachers as Active Agents in Curriculum Building. *Transnational Curriculum Inquiry*, Vol. 14, pp.142-156, 2018.
- [9] M. L. Dahms, C. M. Spliid, and J. F. D. Nielsen, "Teacher in a problem-based learning environment – Jack of all trades?," *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 42, no. 6, pp. 1196–1219, Nov. 2017, doi: 10.1080/03043797.2016.1271973.
- [10] R. Vithal, I. Christiansen, and O. Skovsmose, "Project work in university mathematics education," *Educ. Stud. Math.*, vol. 29, no. 2, pp. 199–223, 1995.
- [11] C. Hernandez, O. Ravn, and P. Valero, "The Aalborg University PO-PBL Model from a Socio-cultural Learning Perspective," *J. Probl. Based Learn. High. Educ.* 2015 Vol. 3, No. 2, 2015, doi: 10.5278/ojs.jpblhe.v0i0.1206.
- [12] A. Kolmos, F. K. Fink, and L. Krogh, *The Aalborg PBL model*. Aalborg University Press Aalborg, 2004.
- [13] C. Hernandez. And C. Gómez, "Developing teamwork skills in a multidisciplinary project-oriented course", *Educate for the future: PBL, Sustainability and digitalization Conference Proceedings*, in press.
- [14] C. Gómez and C. Hernández, "Teacher role tensions in the transition to project-oriented curriculum," in *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education*, 2019, pp. 594–601.