



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

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

Metodología para la conformación de equipos interdisciplinarios en estrategias didácticas de APB's, en asignaturas de Proyectos en Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia

Karem Johanna Castro Peláez, Juan Felipe Parra Rodas

**Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Colombia**

Resumen

La conformación de equipos de trabajo en estrategias didácticas activas, como lo es el caso del "Aprendizaje Basado en Proyectos y Problemas" (ABP's), busca determinar de forma eficiente y eficaz la mejor configuración de los equipos de trabajo para llevar a cabo un proyecto, en el menor tiempo posible para que no vaya en detrimento del tiempo para el desarrollo de este. En términos generales, el proceso de conformación de equipos de trabajo es complejo, dependiendo de lo que se busque desarrollar o el propósito que se tenga en dicho proceso, dado que enfrenta incertidumbres relacionadas y producidas por los diferentes actores que intervienen, mientras se intenta cumplir con requerimientos de los proyectos (conocimientos técnicos requeridos para su ejecución) y restricciones del proceso formativo (configuración general del salón de clases, diversidad en carreras y temáticas de proyectos, entre otras). Así mismo, la conformación de equipos es un proceso crítico, puesto que es necesario para dar inicio con el desarrollo de los proyectos (que son el centro de la asignatura), además, se debe tener en cuenta que un equipo bien conformado mejora las condiciones de trabajo en equipo y aumenta las probabilidades de terminar a tiempo y en buenos términos los proyectos. Al ser este un problema que se repite cada semestre académico y que sucede simultáneamente en diferentes grupos de las asignaturas de Proyectos en Ingeniería de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, se diseñó una metodología para la conformación de equipos y un programa para la distribución de estos. La implementación de la metodología ha mostrado ser eficiente en términos de reducir el tiempo necesario para la conformación de equipo y la generación de equipos heterogéneos pero coherentes con los requerimientos de los proyectos, y aproximadamente el 80% de los estudiantes valoran como buena y muy buena la estrategia de conformación de equipos con la metodología diseñada.

Palabras clave: equipos de trabajo; trabajo en equipo; aprendizaje basado en proyectos; aprendizaje basado en problemas; conformación de equipos; proyectos en ingeniería

Abstract

The work team's assignment in active didactic strategies, as is the case of "Learning-Based Projects and Problems" (ABPs), determines the best configuration in the shortest possible time. In general terms, the work team's formation is a complex process caused by the uncertainty related to the different stakeholders and the project requirements (technical knowledge required for its ejecution) or the learning process restrictions (general configuration of the classroom, diversity of careers, and project themes, among others). Additionally, teamwork conformation is a critical process since it is necessary to start the development of the projects (which is the center of the assignment), and also because a team well conformed complies increases the probability of completing goals on time and successfully. This is a repetitive problem in different groups of Proyectos en Ingeniería de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, so we designed a methodology for the assignment of work teams, supported by a program to make the team distribution. The methodology's implementation proved to be efficient by reducing the time required for the confirmation of work teams in heterogeneous groups and being consistent with the project's requirements. The student assessments positively the methodology application.

Keywords: work teams; teamwork; project based learning; problem based learning; team building; engineering projects

1. Introducción

El Aprendizaje Basado en Problemas y el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP's) son estrategias didácticas activas de aprendizaje/enseñanzas centradas en el estudiante. El Aprendizaje Basado en Problemas se enfoca en integrar la teoría con la práctica e incita al estudiante a investigar y aplicar el conocimiento para desarrollar una posible estrategia de solución alrededor de un problema (real o hipotético), mientras que en el Aprendizaje Basado en Proyectos se aplican los conocimientos básicos, profesionales y transversales para gestionar la solución de problemas reales a través del desarrollo de un proyecto (Vélez Restrepo et al., 2017). Bajo esta perspectiva, uno de los elementos comunes que presentan ambas estrategias es la construcción del conocimiento como un ejercicio común, no solo mediante la interacción entre el docente y sus estudiantes, sino a través del aprendizaje colaborativo entre pares. Este trabajo colaborativo se suele llevar a cabo en ambas metodologías con la asignación de equipos de trabajo que desarrollan una propuesta de solución a un problema o la elaboración de un proyecto durante el periodo académico.

Según (Ayoví-Caicedo, 2019), la competencia de trabajo en equipo puede ser reconocida como "La Integración y la colaboración de forma activa en la consecución de objetivos comunes con otras personas, áreas y organizaciones". Bajo el enfoque de las ABP's se espera que los estudiantes desarrollen la capacidad de funcionar de manera efectiva en un equipo cuyos miembros en



conjunto lideren, creen entornos creativos e inclusivos, establezcan metas, planifiquen tareas y cumplan objetivos (Engineering Accreditation Commission, 2019). De igual forma, el trabajo en equipo ha sido determinado como uno de los pilares del rendimiento organizacional y la innovación, al permitir a las organizaciones dar respuestas rápidas, flexibles y creativas a los problemas y retos planteados por su entorno (Wuchty et al., 2007). En este sentido, aprender a trabajar en equipo es uno de los resultados de aprendizaje que deben adquirir los estudiantes de ingeniería, ya que los prepara para el ejercicio de la profesión, y es categorizado como una de las competencias altamente valoradas y demandadas en el mercado laboral, tanto a nivel local como global (Jaca et al., 2016). Así mismo, las ABP's resalta el aprendizaje colaborativo mediante la conformación de equipos de trabajo por ser el punto de partida para el desarrollo de otras habilidades y capacidades transversales como la toma de decisiones, la gestión y resolución de conflictos, la resolución de problemas, la comunicación efectiva (tanto al interior del equipo como la externa), la confianza y el respeto, la colaboración y la cooperación entre miembros de un equipo, trabajo conjunto, entre otras (Jaca et al., 2016).

En términos de literatura, es escasa la información encontrada para la conformación de equipos interdisciplinarios, y en las guías e instructivos de los diferentes casos de aplicación que se encuentran es muy poco lo que se comunica, dificultando su generalización o la extrapolación a otros casos (Infante-Abreu et al., 2020; Desrosiers et al., 2005). Desde el punto de vista matemático como un problema combinatorio multiatributo, se han formulado algoritmos y heurísticas para llegar a una solución útil considerando múltiples criterios, como en los casos de (Infante-Abreu et al., 2020; Mamo et al., 2015; Moreno et al., 2011; Prince, 2004). Del mismo modo, hacen falta estudios en relación con los indicadores de desempeño de los equipos y como estos son afectados por los atributos de sus integrantes, que en muchos casos suelen ser ambiguos, no están bien definidos o no son claros (Tonso, 2006; Barut et al., 2006; Seat & Lord, 1998). Por lo que en general se puede decir que hay una brecha y una necesidad de más estudios y metodologías que aborden la conformación de equipos teniendo en cuenta grupos con numerosos estudiantes y de múltiples disciplinas.

2. El caso de Proyectos en Ingeniería

En el año 2007, a través del acuerdo 033 del Consejo Superior Universitario, con la reforma académica, la Facultad de Minas introdujo en el micro currículo tres asignaturas de Proyectos en Ingeniería. Esta fue una propuesta para atender la necesidad de complementar la formación de los futuros ingenieros, en el área de proyectos de ingeniería, el trabajo en equipo y el desarrollo de otras habilidades y capacidades transversales que requería el ingeniero del siglo XXI. En estas tres asignaturas obligatorias, del componente disciplinar de los programas de ingeniería de la Facultad de Minas, se hace uso de las estrategias didácticas de ABP's y en todas se deben configurar los equipos de trabajo para el desarrollo de los proyectos durante el semestre.

En un principio, los proyectos tenían múltiples orígenes, partían de ideas u observación de problemas contextualizados (globales o locales), ideas propuestas por los mismos estudiantes o problemas propuestos en la literatura. En este sentido predominaban los problemas hipotéticos. Al ser una temática libre, el principal criterio para la conformación de los equipos era la multidisciplinariedad.



En este sentido y al considerar las estrategias didácticas activas, ABP's, con las que se trabajan en la asignatura, que implican el trabajo en equipo desde su propia concepción, en los primeros años de los cursos configurar los equipos era un proceso secundario donde se definían equipos de 8 personas, con estudiantes de 8 programas diferentes, en los salones dónde había desequilibrio en el número de programas luego se repetía en cada equipo el programa que presentaba mayor número de estudiantes, y esto se hacía con la lista en mano, además el proyecto se trabajaba alrededor de un reto genérico para todos los cursos.

Con el avance de estas primeras etapas se encontraban situaciones de inconformidad por parte de los estudiantes con respecto al tipo de proyectos que se desarrollaban, que eran casos poco reales o distaban mucho de poder ver que algún interesado lo ejecutara en algún momento, quedaban equipos sin líderes técnicos para el tipo de retos propuestos, había estudiantes que sentían que el proyecto no aplicaba para el ejercicio de su profesión o en el que no sentía que pudiera dar un aporte significativo. Este era el caso de estudiantes de programas como Ingeniería de sistemas, que si no había desarrollo de una aplicación no sentían el aporte y los miembros del equipo terminaban descargando en ellos la obligación de construir las diapositivas del material de sustentación; estudiantes de Ingeniería de Petróleos trabajando en proyectos de diseño de obras de infraestructura física, o realizando proyectos de fabricación de ladrillos; estudiantes de Ingeniería administrativa e Ingeniería Industrial obligado a que su único aporte fuera dar apoyo en la evaluación financiera del proyecto, y equipo quejándose que si no tenían Ingeniero administrador quién haría lo financiero. Esto solo por citar algunas situaciones presentadas y conocidas a través de la inconformidad de los estudiantes.

Con estos hallazgos surge la preocupación y la necesidad sentida de mejorar la selección de los proyectos para la asignatura. Los proyectos, especialmente en Proyecto Integrado en Ingeniería (el tercer nivel), evolucionaron hacia proyectos provenientes de iniciativas institucionales para la solución de problemas reales específicos, cuyo énfasis es el diseño en ingeniería y en los cuales se debe llegar hasta el diseño de detalle de una solución viable propuesta, conservando la integralidad de un proyecto de ingeniería. De esta forma, surge la necesidad de repensar, replantear y realizar un ejercicio de mejora continua alrededor de la conformación de los equipos de proyecto al interior de los salones de clase, para dar cumplimiento a los requerimientos técnicos y a la vez cumplir con las expectativas de solución de los interesados.

3. El problema de la conformación de equipos en Proyectos en Ingeniería

El ejercicio de conformación de equipos tiene como objetivo seleccionar el personal idóneo para cada proyecto teniendo en cuenta los estudiantes con los que se cuenta en el aula de clase. En este sentido se cuenta con proyectos y estudiantes con atributos específicos no homogéneos, lo que presenta un problema combinatorio de alta complejidad. A continuación, se detalla cada uno de los elementos y atributos que complejizan la conformación de equipos en el caso de los cursos de Proyectos en Ingeniería:

- **Limitaciones temporales:** Dado que todos los proyectos que se trabajan al interior del salón de clase son reales y propuestos por instituciones, se debe hacer buen uso del tiempo y



configurar los equipos de trabajo de proyecto ágilmente para que puedan dar inicio al cronograma. Se debe aclarar que el semestre académico tiene 16 semanas de clase, y en este sentido para poder dar inicio ágil se debe conformar los equipos de trabajo a más tardar la segunda semana de clase para que los estudiantes se preparen y puedan comunicarse de una forma apropiada con el interlocutor de la institución que propuso el proyecto. Bajo este panorama se considera también que los estudiantes requieren un periodo de tiempo para integrarse como equipo, revisar la idea inicial del proyecto y determinar una línea de acción para abordar el proyecto. Cada semana de retraso en la comunicación implica una disminución de tiempo significativa para el cumplimiento del cronograma y la integralidad de la propuesta de solución. Es posible disponer de más tiempo, sin embargo, se cuenta con fechas fijas de evaluación y finalización del curso, por lo que una demora en la selección de equipo genera menores tiempos entre los ciclos de revisión y realimentación de los proyectos, requiriendo de los estudiantes un mayor tiempo extra-clase para lograr alcanzar los objetivos (cumplir con las horas del proyecto).

- **Naturaleza y disponibilidad de los proyectos:** Aunque las asignaturas de Proyectos en Ingeniería comenzaron a funcionar en los currículos a finales del año 2008, es importante resaltar que desde el año 2015, la Facultad de Minas con la Estrategia de Aprendizaje Basado en Problemas y Proyectos a través de las asignaturas de proyectos en ingeniería, ha buscado brindar un acercamiento entre la universidad y la empresa con el trabajo realizado por los estudiantes. De este modo, En Fundamentos de Proyectos en Ingeniería (el primer nivel) los proyectos tienen múltiples orígenes y parten de ideas u observación de problemas contextualizados, en Estructuración y Evaluación de Proyectos en Ingeniería (el segundo nivel) los proyectos al igual que en Fundamentos tienen múltiples orígenes pero deben generar estrategias para la construcción de modelos de negocios y proyectos productivos, mientras que en Proyecto Integrado en Ingeniería (el tercer nivel) los proyectos provienen de iniciativas institucionales para la solución de problemas reales específicos de estas, cuyo énfasis es el diseño en ingeniería y deben llegar hasta el diseño de detalle de una solución viable propuesta, conservando la integralidad de un proyecto de ingeniería. Para este caso en específico, el centro estará en Proyecto Integrado en Ingeniería porque es el que tiene mayores restricciones a la hora de la conformación de los equipos de trabajo y tiene una responsabilidad adicional al tener un interlocutor externo.
- Cada semestre se genera una base de datos de ideas, proyectos o problemas reales en ingeniería, en temáticas diversas como manejo de aguas, proyectos de aprovechamientos de residuos industriales, patrones en cargos críticos, entre otros. Se busca inicialmente que los proyectos se puedan abordar desde diferentes áreas del saber de la ingeniería, que sean un reto de diseño en ingeniería, y se busca trabajar con instituciones de diferente índole. Sin embargo, el listado de proyectos suele ser heterogéneo//asimétrico en cantidad y temática, esto porque tener proyectos específicos para todas las carreras es difícil, y hay empresas que tienen varios proyectos para un área en específico.
- **La configuración del aula de clase:** Dado que la Universidad Nacional es una Institución de Educación Superior Pública y tiene un modelo flexible en la estructura curricular de los programas, por lo que no funciona con el modelo de paquetes de asignaturas por semestre como



otras instituciones, existe una gran incertidumbre en relación con la demanda semestral de los cursos. Proyecto Integrado en Ingeniería, es obligatorio para los 12 Programas de ingeniería de la Facultad de Minas. Semestralmente se ofrecen 420 cupos, de aproximadamente 60 estudiantes cada uno, distribuidos en 7 grupos en bloques de 4 horas los lunes, miércoles o sábado. Los grupos se ofertan para estudiantes de séptimo semestre en adelante, con porcentaje de avance superior al 80% del programa que el estudiante se encuentre cursando. Otros factores que se han identificado intervienen en la selección de grupos han sido la recomendación del docente por parte de otros compañeros, acuerdan con algunos amigos para matricularse en el mismo grupo, y la programación de asignaturas de sus programas tienen horarios que se cruzan con la oferta de la asignatura de proyectos. Teniendo también en cuenta que no todos los programas tienen la misma cantidad de estudiantes admitidos, todos los factores anteriormente mencionados llevan a que no haya un equilibrio en los salones de acuerdo con los 12 programas de ingeniería y, en algunos casos, se cuenta con estudiantes de uno o dos programas con mayor presencia en el aula, y se carece de estudiantes de ciertos programas. De igual forma, esta es una situación dinámica, que varía de semestre a semestre, dado que los estudiantes de una carrera que no inscribieron el curso en un semestre quedan represados y suelen generar una masa crítica para el siguiente.

- **Representatividad y Preferencias:** Como parte del proceso de reformulación y mejora de los cursos, uno de los reclamos que manifestaban los estudiantes sobre los proyectos era la poca relación que tenían con sus propias carreras. En este sentido los estudiantes abogaron por proyectos reales donde pudieran poner en práctica los conocimientos adquiridos durante su carrera, ya que cuando eran asignados en proyectos que no los motivaban o no les interesaba su desempeño decaía, se frustraban o no se generaba un ambiente propicio para el trabajo. Además, uno de los objetivos de la asignatura es precisamente que los estudiantes se enfrenten a situaciones donde deban interactuar y converger con estudiantes de otras áreas del conocimiento, donde desarrollen habilidades transversales y de cierta forma salgan de su zona de confort, brindándoles herramientas para qué identifiquen cómo adaptar sus conocimientos específicos en marcos contextuales diversos.

4. Metodología Propuesta

Dado la naturaleza del problema de la conformación de equipos y las características propias del caso de estudio, se desarrolló un enfoque heurístico/cualitativo basado en las experiencias de los últimos años en los cursos. Esta metodología buscó en un principio reducir los tiempos de conformación de equipos, mientras se cumplía con los requerimientos específicos de los proyectos y teniendo en cuenta la opinión y preferencias de los estudiantes. La metodología propuesta se basa en 4 procesos sucesivos en los que se busca reducir paulatinamente el problema combinatorio de la conformación de equipo, considerando los múltiples atributos de los estudiantes y de los proyectos. Cada uno de estos procesos se detalla a continuación:

- **Filtro de proyectos:** De la base total de proyectos se escogen entre 12 y 15 proyectos por grupo (se espera que al final queden 7 u 8), esto con el objetivo de tener una holgura y dar opciones a los estudiantes. De la base de datos de posibles proyectos, se hace una selección



preliminar teniendo en cuenta la configuración total de los salones de clase, y previendo una posible configuración de equipos, pues del total de proyectos se busca que haya una mayor presencia de los que están relacionados con las carreras predominantes en el aula de clase. En clase se presenta la idea vaga del proyecto, y se debate con los estudiantes cuáles proyectos deberían estar y cuáles no. Se realiza una votación general. El docente puede establecer priorización o asignar por se algún proyecto, si considera que tiene potencial o si hay compromisos con la empresa que lo asignó. De esta forma se reduce el listado de proyectos a 6-9.

- **Asignación de Líderes:** El siguiente paso es asignar a cada proyecto un equipo base o líderes (transitorios) de proyecto. Se pide de forma voluntaria 2 personas que se pongan al frente de cada uno de los proyectos. De esta forma se aboga al sentido de liderazgo, pero al mismo tiempo ofrecerse como líder genera una ventaja en cuanto a que tiene certeza sobre el proyecto en el que va a participar y puede influir en la selección de los demás integrantes del equipo, además, de iniciar despertando el interés y gusto propio de los estudiantes. Usualmente los líderes de equipos suelen ser estudiantes con carreras afines a la temática de los proyectos, por lo que se "asegura" que cada proyecto cuente con información técnica para su desarrollo. Sin embargo, en caso de faltar alguien con conocimientos técnicos requeridos, se puede asignar (voluntario o no) un tercer integrante al equipo base. Se reduce en aproximadamente una tercera parte la población de estudiantes por asignar en equipos. Esto también se puede hacer en forma de formulario, pero la experiencia ha demostrado que es menos probable que se ofrezcan como líderes. La primera tarea del equipo base será consultar y prepararse sobre procesos de selección de personal para poder determinar la forma de selección de los demás integrantes del equipo. Tanto la selección de proyectos como la asignación de líderes puede tomar entre 30 y 60 minutos.
- **Hoja de vida y preferencias:** A los estudiantes que no fueron escogidos como equipo base, se les solicita que diligencien un formulario, en el cual selecciones de los proyectos del curso cuál sería su primera, segunda y tercera opción para participar en ellos. Basados en su respuesta se asignan al proceso de entrevista de 3 proyectos. Dado que puede haber proyectos con mayor número de interesados, y se requiere que haya participación en todos los proyectos, se le aclara a los estudiantes que el formulario no es vinculante a un proyecto, que se les respetará como mínimo su primera opción para que participen en el proceso de entrevista, pero que pueden ser asignados a otros, en caso tal de requerirlo. En caso de que falten interesados en otros proyectos, el docente reasignará estudiantes del proyecto con mayor número de interesados a los demás proyectos, teniendo en cuenta los requerimientos del proyecto (área predominante de estudio) y la diversidad de carreras, empezando por las tercera opciones. Adicional al formulario de preferencias, se solicita a los estudiantes una hoja de vida con información general (Lugar de residencia, competencias, softwares, experiencia laboral/económica, entre otras), que se les compartirá a los líderes de equipos. Esta hoja de vida es una actividad de reflexión y un punto previo a la graduación para que ellos piensen en sus competencias más allá de lo técnico, y trabajen en los temas actitudinales a la hora de emprender su vida profesional. De esta forma se tienen asignados para cada proyecto un equipo base y los posibles interesados que presentan las entrevistas, y se les informa a los demás estudiantes en qué proyectos quedaron asignados para el proceso de entrevista.



- **Entrevistas:** Los líderes de equipo llevan a cabo los procesos de selección. De acuerdo con el cronograma del curso y al espacio físico, se puede brindar un tiempo en clase para que se realice la actividad, que en este caso se sugiere a los estudiantes que se desarrolle en forma de proceso grupal, o se puede hacer en horario extraclase y de esta forma ellos pueden realizar un proceso más individual. Los líderes de equipo envían un formato con las personas que consideran que son la primera opción para su equipo, y un listado de suplentes en segunda opción en caso de que los primeros no estén disponibles. Dentro de las condiciones que se plantean en el ejercicio, es que dentro de cada equipo debe haber máximo 3 personas de la misma carrera y por lo menos 3 carreras por equipo, y que los equipos estén conformados por máximo 8 personas. De esta forma se asegura la multidisciplinariedad.
- **Selección final:** Para la selección de equipos se pregunta a los que fueron seleccionados en más de un equipo, a cuál equipo quieren pertenecer. Se verifica la conformación de los equipos, y se asignan posteriormente los estudiantes que fueron escogidos por un solo equipo. Los estudiantes que no fueron seleccionados en el proceso de entrevistas son asignados según los requerimientos de los proyectos y el criterio del docente. Esta tarea puede ser compleja y confusa por lo que se diseñó una herramienta de apoyo en Phyton que se alimenta por los formatos diligenciados por los equipos base y al que se le programaron las restricciones anteriormente descritas.

5. Resultados de la implementación

Esta propuesta metodológica se ha implementado en el curso de Proyecto Integrado en Ingeniería desde 2017. Con su implementación, se han reducido los tiempos para la asignación de equipos en 1-2 semanas, permitiendo agilizar el inicio de los proyectos. Recientemente, se comenzó a implementar así mismo en los cursos de Fundamentos de Proyectos en Ingeniería y Estructuración y Evaluación de Proyectos en Ingeniería, y se ha notado la misma mejoría en los tiempos de selección de equipos. Empleando encuestas perceptivas como mecanismos de validación de la metodología, los resultados muestran que aproximadamente el 80% de los estudiantes valoran como "buena" y "muy buena" la estrategia de conformación de equipos con la metodología diseñada. Dentro de los aspectos positivos que los estudiantes resaltan de la experiencia de la conformación de equipos esta:

- Sienten que se les toma en cuenta a la hora de asignar los proyectos y no es una imposición.
- Pueden trabajar en proyectos reales, que los motiven y en los que puedan aplicar sus conocimientos, dándoles una muestra real de lo que podría ser el trabajo en el durante el ejercicio profesional.
- Tienen posibilidad de conformar los equipos con personas con las pueden tener afinidad.
- Para algunos es una buena aproximación de cómo enfrentar un proceso de entrevista en cuanto a lo actitudinal y la forma propia de resaltar y valorar sus capacidades.

Desde el punto de vista de los docentes, además de la reducción de los tiempos en el proceso de conformación de equipos, la metodología ha reducido el estrés, los errores y la confusión que generaba el proceso, y permite dejar claras las reglas de asignación para los estudiantes. Se



considera que la metodología, aunque aún tiene aspectos por mejorar, es eficiente y eficaz, permitiendo conformar equipos coherentes que den solución a los problemas y proyectos. Desde este punto de vista se evidencia que una buena asignación no garantiza un buen resultado, pero aumenta las probabilidades de éxito en cuanto al producto de los proyectos y al desarrollo de capacidades y habilidades transversales de los estudiantes. Esto se ha reflejado en los resultados finales de los equipos, que tienen un mayor componente de ingeniería y de diseño, en contraste con los anteriores que se asemejaban más a ejercicios teóricos, casos de estudios hipotéticos o genéricos.

Dentro de los aspectos que aún generan inconformidad por parte de los estudiantes, se encuentra el proceso de entrevista por parte de los compañeros, pues este proceso no está bajo el control de los entrevistados, y tiende a ser en algunos casos más una selección subjetiva basado en las preferencias y no en las capacidades requeridas para el desarrollo del proyecto. Este descontento se evidencia especialmente en aquellos estudiantes que no quedan en un equipo, ya sea porque en la asignación de entrevistas no quedan en un equipo que ellos seleccionaron en el formulario de preferencias, o no son seleccionados en las entrevistas por los líderes.

En términos del código de Python, este se encuentra en su primera versión, y aunque ha probado ser útil, se tiene pensado algunos cambios en relación con la interfaz y los formularios, de forma que sea más amigable con el usuario y se puedan evitar errores por compatibilidad en los formatos.

6. Discusión y conclusiones

Durante la aplicación de la metodología, han surgido varios patrones y condiciones que creemos relevante mencionar. Inicialmente, y basados en los comentarios de los estudiantes, la propuesta metodológica se orientó teniendo en cuenta que los estudiantes tienen preferencia por los proyectos que se encuentran directamente relacionados con sus carreras. Sin embargo, a través de la aplicación de las encuestas de preferencias y las conversaciones con los estudiantes, se ha observado que algunas de las carreras (como Ingeniería de Sistemas e Informática, Ingeniería Geológica e Ingeniería de Petróleos), tienden a elegir proyectos fuera de sus áreas de conocimiento. Los estudiantes ven los cursos de proyectos como un espacio para hacer algo "distinto" a lo que están acostumbrados en sus carreras o dan priorización a otras características que responden más a sus gustos personales, escogiendo proyectos que parezcan más creativos o proyectos que tengan un enfoque más social o ambiental.

De forma complementaria, se denota una dificultad de los estudiantes para comprender cuál es el centro de lo que diseñan en sus carreras y, por tanto, se les dificulta extrapolar sus conocimientos específicos en marcos contextuales diversos. En el caso de Ingeniería Geológica, no solo trabajan con la prospectiva para exploración y uso del suelo sino que también tienen habilidades transversales como el manejo de la incertidumbre y el riesgo; en Ingeniería de Petróleos no solo hacen explotación del hidrocarburo sino que tienen mucho conocimiento en la operación y optimización logística; y en el caso de Ingeniería de Sistemas e Informática tienden más al desarrollo de software y aplicaciones que al análisis de las dinámicas y la gerencia ágil de los proyectos. Este desconocimiento de la carrera se traduce también en una mala proyección de su quehacer profesional y su rol en los proyectos. Esto lleva a que se formen prejuicios y estereotipos, que predominan por



ejemplo en las entrevistas y la selección de equipos. De esta forma los estudiantes entrevistados priorizan conocimientos específicos basados en ideas erróneas o limitadas de las capacidades de sus compañeros. Como respuesta a este problema, se definió como actividad introductoria al curso la elaboración de mentefactos sobre el concepto de diseño en ingeniería, de forma general y de cada una de las carreras, el cual se socializa para tener una visión más amplia de las áreas de actuación profesional.

Otra característica que se evidenció con la aplicación de la metodología es que los estudiantes suelen infravalorar las habilidades transversales, priorizando los conocimientos técnicos, con las limitaciones y fallas mencionadas anteriormente. Esta característica también es obviada cuando los estudiantes formulan el plan de trabajo de los proyectos, en la división de tareas se asignan actividades de acuerdo con la afinidad con el área de estudio (ejemplo se asigna la evaluación financiera a los ingenieros administradores o industriales). Sin embargo, todos los estudiantes en Proyecto Integrado deben contar con competencias básicas en formulación y evaluación de proyectos, por lo que en caso de no tener un tema específico que desarrollar desde sus carreras en el proyecto pueden aportar de forma holística. Aun así, es necesario que los proyectos sean flexibles en relación con los productos, y que permitan ser abordados desde diferentes enfoques, de esta forma es posible redireccionar los resultados de acuerdo con las características y competencias de los equipos.

El tema dinámicas de equipo sigue siendo un aspecto relevante en el desempeño de los proyectos. Esta parte es esencial, pero dada la premura de la selección es difícil que los integrantes de un equipo lleguen a conocerse antes de comenzar a trabajar. Incluso con las entrevistas y la información que se solicita en las hojas de vida, no es posible realizar a priori un análisis completo de las compatibilidades de los estudiantes. Esta situación conduce a que la mayoría de los líderes prioricen en la selección a integrantes a conocidos y amigos (usualmente de la misma carrera). Como recomendaciones y trabajos futuros se podrían elaborar test de personalidad y evaluaciones preliminares de las competencias de los estudiantes, para analizar en mayor profundidad las dinámicas de equipo, su efecto en el desempeño y mejorar el proceso de asignación.

7. Referencias

- Ayoví-Caicedo, J. (2019). Trabajo en equipo: clave del éxito de las organizaciones. Revista Científica FIPCAEC (Fomento de La Investigación y Publicación En Ciencias Administrativas, Económicas y Contables). ISSN: 2588-090X. Polo de Capacitación, Investigación y Publicación (POCAIP), 4(10), 58–76. <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v4i10.39>
- Barut, M., Yildirim, M. B., & Kilic, K. (2006). Designing a global multi-disciplinary classroom: A learning experience in supply chain logistics management. International Journal of Engineering Education, 22(5), 1105–1114.
- Desrosiers, J., Mladenović, N., & Villeneuve, D. (2005). Design of balanced MBA student teams. Journal of the Operational Research Society, 56(1), 60–66. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601775>
- Engineering Accreditation Commission. (2019). Engineering Accreditation Commission CRITERIA FOR ACCREDITING ENGINEERING PROGRAMS. ABET, Inc, 45. <http://www.abet.org/wp-content/uploads/2018/02/E001-18-19-EAC-Criteria-11-29-17.pdf>



- Infante-Abreu, A. L., André-Ampuero, M., Rosete-Suárez, A., & López-Trujillo, Y. (2020). Métodos para la formación de múltiples equipos de estudiantes aplicando un enfoque multiobjetivo. *Ingeniería Industrial*, 41(1), 1–19.
- Mamo, J., Farrugia, P., Borg, J., Wodehouse, A., Grierson, H., & Kovacevic, A. (2015). Using engineering design tools in multidisciplinary distributed student teams. *Proceedings of the 17th International Conference on Engineering and Product Design Education: Great Expectations: Design Teaching, Research and Enterprise, E and PDE 2015*, September, 99–104.
- Moreno, J., Rivera, J. C., & Ceballos, Y. F. (2011). Agrupamiento homogéneo de elementos con múltiples atributos mediante algoritmos genéticos. *DYNA (Colombia)*, 78(165), 246–254.
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223–231. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Seat, E., & Lord, S. M. (1998). Enabling effective engineering teams: A program for teaching interaction skills. *Proceedings - Frontiers in Education Conference*, 1(October), 246–251. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1999.tb00463.x>
- Tonso, K. L. (2006). Teams that Work: Campus Culture, Engineer Identity, and Social Interactions. *Journal of Engineering Education*, 95(1), 25–37. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00875.x>
- Vélez Restrepo, J. M., Benjumea Hernández, P. N., Castro Peláez, K. J., & Ríos Echeverri, D. C. (2017). Estrategia de Innovación en Educación en Ingeniería. 1–62.
- Wuchty, S., Jones, B. F., & Uzzi, B. (2007). The increasing dominance of teams in production of knowledge. *Science*, 316(5827), 1036–1039. <https://doi.org/10.1126/science.1136099>

Sobre los autores

- **Karem Johanna Castro Peláez:** Ingeniera Química, Magister en Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Estudiante de Doctorado en Ingeniería – Sistemas Energéticos. Docente de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. kjcastro@unal.edu.co
- **Juan Felipe Parra Rodas:** Ingeniero Industrial, Magister en Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Colombia sede Medellín, Candidato a Doctor en Ingeniería - Sistemas e Informática. jufparraro@unal.edu.co

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)

