



CONSTRUCCIÓN DE UN AMBIENTE ENRIQUECIDO PARA EL APRENDIZAJE A TRAVÉS DE LA ROBÓTICA

Flor Ángela Bravo Sánchez, Martha Lucía Cano Morales, Jairo Alberto Hurtado Londoño

**Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia**

Resumen

La robótica educativa ha mostrado un gran potencial en la educación en ingeniería. Los proyectos basados con robots permiten la generación de ambientes enriquecidos que soportan el aprendizaje activo y significativo de los estudiantes. Adicionalmente, promueven la adquisición de habilidades del siglo 21 tales como el trabajo en equipo, la comunicación y la creatividad.

Desde el año 2015, empezó a funcionar el Semillero de Robótica de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia. Este grupo se encuentra abierto a todos los estudiantes de la Universidad de cualquier semestre académico. Actualmente, cuenta con más de 40 estudiantes activos y tiene el acompañamiento de profesores del Departamento de Electrónica de la Facultad de Ingeniería. Los miembros del grupo han obtenido buenos resultados en competencias de robótica a nivel nacional e internacional.

El semillero brinda a los estudiantes contextos para la construcción de conocimiento interdisciplinario y el desarrollo de habilidades y competencias. Contribuye a fortalecer valores en los estudiantes como la ética, el respeto, la equidad, y la confianza en sí mismos. Adicionalmente, los estudiantes adquieren roles y responsabilidades que promueven dinámicas de grupo positivas y la adecuada gestión del Semillero.

El presente artículo describe la evolución del grupo de robótica; posteriormente, detalla las principales características operativas de este grupo, como los roles de los estudiantes, el espacio de trabajo, el equipo disponible y el proceso de reclutamiento. Luego, se presentan cómo los proyectos desarrollados en el grupo fomentan el

aprendizaje activo y colaborativo de los estudiantes. Finalmente, se mencionan las lecciones aprendidas y las conclusiones.

Palabras clave: semillero; robótica; aprendizaje activo; aprendizaje colaborativo

Abstract

Educational robotics has shown great potential in engineering education. Robot-based projects generate rich environments that promote active and meaningful student learning. Additionally, it fosters the acquisition of 21st-century skills such as teamwork, communication, and creativity.

Since 2015, the Student Group of Robotics of the Pontificia Universidad Javeriana in Bogotá, Colombia, has been operating. This group is open to all students of the University of any academic period.

Currently, it has more than 40 active students and four professors of the Department of Electronics. They have obtained great results in national and international robotics competition.

This group gives to students the chance to work in different contexts for building interdisciplinary knowledge and skills development. It helps to strengthen values in students such as ethics, respect, equity, and self-confidence. In addition, students acquire roles and responsibilities that promote positive group dynamics and proper management of it.

This article describes the evolution of the robotics group. After that, it details the main operational features of this group, such as students' roles, workspace, available equipment, and recruitment process. Then, we present how the developed projects promote the active and collaborative learning of the students. Finally, lessons learned and conclusions are mentioned.

Keywords: *robotics group; robotics; active learning; collaborative learning*

1. Introducción

La robótica en la educación, también conocida como robótica educativa o robótica pedagógica permite el desarrollo de actividades prácticas, multidisciplinarias, integradoras y orientadas a la resolución de problemas en un ambiente de trabajo colaborativo (Patiño, 2014). La construcción, programación e interacción con robots educativos promueve la generación de ambientes enriquecidos para el aprendizaje activo y colaborativo. A través de las actividades con robots, los estudiantes pueden construir nuevos conocimientos a la vez que desarrollan habilidades como la comunicación, la creatividad, la solución de problemas, y el pensamiento crítico (Benitti,

2012). Adicionalmente, los robots atraen y motivan a los estudiantes a participar activamente en su proceso de aprendizaje.

Teorías como el constructivismo y construccionismo soportan el uso de robots como una herramienta de mediación que facilita la construcción del conocimiento (Ackermann, 2001). Estas teorías afirman que el conocimiento no puede ser construido a partir de la experiencia de otras personas, sino que surge de la interacción del individuo con el ambiente. La interacción y manipulación de artefactos como los robots permite que los estudiantes sean los protagonistas activos de su propio proceso de aprendizaje. Adicionalmente, la realimentación instantánea que proveen los robots, lleva a los estudiantes a reflexionar sobre sus errores y reforzar sus acciones correctas logrando así un aprendizaje significativo. De acuerdo con el construccionismo social de Vygotsky, los proyectos colaborativos de robótica educativa contribuyen también a que los aprendices construyan su conocimiento a través de la interacción con otros compañeros, con el profesor y con los robots (Keengwe, 2015).

El funcionamiento, estructura y conformación del semillero de robótica ha permitido la creación de espacios de aprendizaje activo y colaborativo, que se ven enriquecidos por el número de personas que lo conforman y las diferentes actividades desarrolladas, que son además de trabajar en proyectos de robótica, realizan jornadas y talleres de divulgación, participación en ferias, tanto para estudiantes de primer semestre como en colegios, lo que les permite desarrollar y fortalecer sus habilidades de comunicación, trabajo en equipo, gestión de proyectos y sentido de la responsabilidad.

En el presente artículo se encuentra, en primer lugar, una descripción la evolución del grupo de robótica. A continuación, se detalla los roles y responsabilidades de los miembros del semillero, el espacio de trabajo, el equipo de trabajo y el proceso de reclutamiento. Posteriormente, se presentan los proyectos desarrollados y se analiza cómo fomentan el aprendizaje activo y colaborativo en los estudiantes. Finalmente, mencionan las lecciones aprendidas durante estos dos años de funcionamiento de grupo y las conclusiones.

2. La evolución del grupo de robótica

La Vicerrectoría de investigación de la Pontifica Universidad Javeriana, promueve la creación de semilleros de investigación, como comunidades de aprendizaje para formar a los estudiantes de pregrado en investigación. Estos semilleros surgen de la iniciativa de estudiantes y/o profesores, en ellas también pueden participar estudiantes de posgrados, profesores de cátedra, egresados o personas externas a la universidad.

El grupo de robótica inició en el 2015 con el interés de un grupo de estudiantes en participar en competencias de robótica. Rápidamente el número de estudiantes interesados creció, lo que llevó naturalmente a conformar un semillero de investigación en robótica en el primer semestre de 2015. La participación en torneos continúa siendo una actividad de gran interés para los estudiantes, pero con la creación del semillero se generaron otras actividades en torno a la robótica. Actualmente el semillero cuenta con

más de 40 estudiantes activos, que participan en más de cinco diferentes tipos de actividades.

La población de estudiantes que conforma el semillero, se distribuye entre segundo y último semestre de pregrado, estudiantes de maestría y doctorado, con un porcentaje de mujeres cercano al 30%, que, aunque aún sigue siendo minoría, se continúa trabajando para incrementar este valor. Ver Figura 1.



Figura 1. Estudiantes pertenecientes al semillero de robótica

La mayoría de los estudiantes son de ingeniería electrónica, aunque también hay participación de estudiantes de ingeniería de sistemas, diseño industrial y recientemente ha crecido el interés de estudiantes de áreas tan diversas como Comunicación Social y Medicina, esto debido a las actividades de divulgación que se han venido realizando.

Junto a los estudiantes, participan en el grupo dos profesores de planta y uno de cátedra, pertenecientes al Departamento de Electrónica, que colaboran con las actividades del semillero, tanto a nivel académico, administrativo, como de gestión, coordinación y acompañamiento.

Desde la creación y formalización del Semillero de Robótica en el año 2015, se ha incrementado el número de estudiantes que han participado en él, por al menos un semestre, impactando a más del 10% de estudiantes activos de Ingeniería Electrónica. Gracias a esta significativa participación, se logró la asignación de un espacio permanente dentro de la Facultad de Ingeniería, para uso exclusivo de este Semillero, donde se almacenan los equipos, materiales, componentes y los instrumentos que son usados para el diseño y montaje de los robots. Así mismo, debido al éxito logrado con este semillero, se ha aumentado el interés, en estudiantes y profesores, por promover semilleros en otras áreas del conocimiento.

Algunos de los estudiantes que han participado en el semillero de robótica, han empezado a vincularse con proyectos provenientes del grupo de investigación de robótica, cumpliendo así uno de los objetivos planteados con la creación y fomento de los Semilleros de Investigación.

Algunas de las razones que han expuesto los integrantes del semillero, cuando se les ha preguntado acerca del principal motivo para vincularse al mismo, son: "Obtención de conocimiento y trabajo en equipo"; "Relacionarme con más personas interesadas en el tema" y "Aprender cosas nuevas y trabajar en equipo".

Estas afirmaciones y otras más dadas por ellos, evidencian que se requieren espacios de este tipo (semilleros y grupos académicos), para que los estudiantes puedan desarrollar su potencial, aprender, aplicar conceptos e interactuar con otras personas de diferentes semestres o programas que comparten intereses comunes.

3. Funcionamiento del grupo de robótica

En esta sección se presenta las principales características operativas del semillero, como los roles y responsabilidades de los miembros del grupo, el espacio de trabajo, el equipo disponible y el proceso de reclutamiento.

Roles, responsabilidades y actividades

A continuación, se detalla los roles y las responsabilidades de los miembros del semillero:

- **Autoaprendizaje:** Los estudiantes son los responsables de su propio proceso de aprendizaje. Ellos toman la responsabilidad de qué aprender y cómo lograr ese objetivo de aprendizaje. El rol de los profesores es ser facilitadores de este proceso formativo de los estudiantes. Los profesores acompañan y guían a los miembros del semillero en sus proyectos y actividades investigativas. Los estudiantes pueden solicitar a los profesores asesorías que los lleven a encontrar las posibles soluciones a los problemas que están enfrentado con el diseño, construcción o programación de sus proyectos de robótica. Así mismo, ellos pueden programar capacitaciones para sus compañeros o sugerir temas de los cuales se requiere alguna capacitación.
- **Compra de nuevos equipos y materiales:** Los estudiantes son responsables de solicitar los recursos que necesitan para el desarrollo de sus actividades. Los profesores se encargan de la compra de estos recursos de acuerdo al presupuesto disponible y a la prioridad que le han dado los estudiantes a los materiales y equipos.
- **Gestión de los recursos y materiales del grupo:** Los estudiantes se encargan de administrar los recursos del laboratorio. Esto implica hacer el inventario de las piezas y repuestos disponibles y establecer reglas para el uso de estos recursos.

- **Orden y limpieza del espacio de trabajo:** Los estudiantes son los encargados del orden y la limpieza del laboratorio. Así mismo, de establecer las reglas para el uso de este espacio.
- **Logística de los viajes:** Los estudiantes son los encargados de la logística de los viajes a los diferentes eventos que participa el semillero tales como las competencias nacionales e internacionales. Esto implica la búsqueda de recursos para cubrir los gastos del viaje, y definir las fechas de salida y regreso, transporte, el hospedaje, el transporte de robots, entre otros.
- **Reclutamiento de nuevos miembros:** Los estudiantes también son responsables de reclutar nuevos miembros del grupo cada semestre. Este reclutamiento incluye la programación de reuniones, acompañamiento permanente de los interesados, en el proceso de aprendizaje del lenguaje de programación y construcción del robot. Adicionalmente, deben realizar el diseño, montaje, logística y evaluación de la competencia interna.
- **Divulgación de resultados y actividades:** tanto los estudiantes como los profesores son los encargados de dar a conocer el trabajo del semillero. Esto incluye actividades como: la publicación de artículos, actualización de la página web y redes sociales, la organización de eventos académicos, entre otros.
- **Participación en reuniones periódicas:** los estudiantes y profesores deben participar en las reuniones periódicas del semillero.

Estos roles y responsabilidades, están enmarcados dentro de una serie de actividades que los estudiantes deben realizar, para de esta forma distribuir el trabajo armónicamente entre los integrantes. Estas actividades están divididas en cinco principales y ocho secundarias, de las cuales el estudiante debe participar en al menos dos de cada grupo.

Por cada una de las actividades en que los estudiantes eligen participar, deben asumir diferentes roles y responsabilidades.

Las cinco actividades principales son: Participar en ferias y demostraciones, realizar publicaciones científicas, participar en competencias de robótica, realizar capacitaciones y organizar competencias de robótica.

Las ocho actividades secundarias que soportan las actividades principales son: Asistir a capacitaciones, mantenimiento de página web y redes sociales, comunicación y difusión, generación de contenido académico, documentación del proceso diseño e implementación, gestión del presupuesto (inventario y pedido de partes), logística de eventos y búsqueda de patrocinio.

Teniendo en cuenta la naturaleza de formación e investigación del semillero, todos los estudiantes deben participar al menos en una feria o demostración, como actividad principal y participar en capacitaciones como actividad secundaria.

Espacio de trabajo y equipo disponible

Los miembros del semillero tienen a su disposición un laboratorio en la Facultad de Ingeniería, el cual se encuentra disponible 24 horas al día, los 7 días a la semana. En este espacio los estudiantes disponen de equipos electrónicos, computadores, materiales y kits para el desarrollo de los proyectos de robótica. Adicionalmente, cuentan con pistas de entrenamiento de las competencias en las cuales participa el semillero. Ver Figura 2.



Figura 2. Trabajo de inventario y organización en Laboratorio del Semillero de Robótica.

Proceso de reclutamiento.

El proceso de reclutamiento tiene cuatro etapas:

- **Convocatoria:** se inicia el proceso con una convocatoria abierta a todos los estudiantes de la universidad. La mayoría de los estudiantes que se presentan son de Ingeniería Electrónica, pero también se acercan estudiantes de Ingeniería de Sistemas, Diseño Industrial, Comunicación Social y Medicina. Luego, son citados a una reunión informativa donde se les cuenta en qué consiste el semillero y el proceso que deben seguir para vincularse. El propósito de esta reunión es que los interesados conozcan a los miembros del semillero responsables del proceso de reclutamiento, a los compañeros con sus mismos intereses y finalmente tener un espacio para hacer preguntas de forma presencial. Esta etapa evalúa la disponibilidad y disposición de los interesados en asistir a reuniones.
- **Aprendizaje de lenguaje de programación:** Los interesados deben realizar un curso en línea de un lenguaje de programación, actualmente RobotC. Para comprobar su nivel de aprendizaje de este lenguaje deben presentar una evaluación en línea en la cual deben obtener un porcentaje de aprobación superior al 80%. Los miembros del semillero están permanentemente a disposición de los interesados para responder dudas sobre el lenguaje de programación. Esta etapa evalúa la autogestión del aprendizaje y el compromiso de los interesados.
- **Construcción y programación de un robot:** Una vez cumplido el plazo para presentar el certificado de la prueba en línea, se citan a las personas que

cumplieron los requisitos anteriores (reunión y aprendizaje del lenguaje) para formar los grupos de trabajo (entre tres y cinco personas dependiendo de la cantidad de inscritos) con los cuales participarán en la competencia interna. Cada grupo de trabajo está acompañado por un tutor, el cual es un estudiante miembro del semillero y se intenta que el grupo de trabajo sea heterogéneo (diversidad de sexo, semestre, y programa académico). A cada grupo se le asigna una caja con las partes de un robot, el cual deben armar y programar para que funcione tanto en forma autónoma y como en modo teleoperado. Adicionalmente, todo el proceso de diseño y programación del robot debe quedar registrado en una bitácora la cual se debe entregar el día de la competencia para ser evaluada. El propósito de esta etapa es empezar a desarrollar habilidades mecánicas con la construcción del robot y la identificación de las herramientas, aplicación de los conocimientos aprendidos en programación, fomentar la documentación del proceso de diseño y generar ambientes enriquecidos para la aplicación de habilidades sociales y trabajo colaborativo.

- **Competencia interna:** Entre los miembros responsables del reclutamiento se diseña el reto y se programa la fecha de la competencia. El reto debe incluir una etapa de ejecución autónoma del robot y otra parte teleoperado. La pista de competencia se arma desde el día anterior y los interesados son invitados a la construcción de la pista y a practicar en ella. Ver Figura 3. Una vez finalice la competición, todos los participantes serán admitidos en el semillero sin importar el resultado de sus equipos. En la competencia interna se evalúa y se reconoce el proceso de diseño (por medio de la bitácora), el respeto de las reglas, el trabajo en equipo y el resultado del torneo. En esta fase se promueve el buen trato entre compañeros y competidores, así como la resolución de problemas.



Figura 3. Competencia interna en el proceso de reclutamiento y estudiantes admitidos en el semillero.

4. Proyectos del grupo

La mayoría de las personas que ingresan al semillero se sienten atraídas por la competición, ya que es el aspecto que más se destaca y se reconoce debido a los buenos resultados obtenidos hasta el momento, tanto a nivel nacional como internacional.

Sin embargo, la participación en competencias demanda un alto compromiso de tiempo, trabajo y esfuerzo, debido a todo el proceso de diseño, montaje y prueba de los robots, junto con un esfuerzo adicional de tiempo y algunas veces económico para cubrir los desplazamientos a los lugares de competencia, que no todos desean o tienen la posibilidad cada semestre de realizar.

Adicional a la construcción de robots para competencias externas, se realizan otras actividades, como son la participación en ferias dentro y fuera de la universidad, programación de talleres y capacitación a estudiantes. También se ha venido adelantando actividades de difusión de la robótica, tanto en niños de colegio, ya sea dentro del tiempo escolar o en época de vacaciones, como en estudiantes de otras carreras. De igual forma, se promueve la creación de contenido abierto, para capacitación, para divulgar los resultados de los proyectos o de investigaciones concernientes al grupo.

Ahora se desea ampliar el trabajo multidisciplinario, para poder empezar a explorar diferentes áreas y así aplicar los conocimientos técnicos y tecnológicos a la solución de problemas cercanos y de impacto social.

5. Conclusiones y lecciones aprendidas

Los estudiantes consideran que han tenido muy buenas experiencias de aprendizaje colaborativo durante su participación en el semillero, debido a la metodología de trabajo que se ha utilizado.

Se ha evidenciado un fortalecimiento en habilidades comunicativas (escritas y verbales) de los integrantes del semillero, debido a la realimentación que se les hace en las presentaciones orales y a la revisión del cuaderno de ingeniería que lleva cada grupo donde consignan el proceso de diseño e implementación.

Los estudiantes manifiestan que han mejorado sus habilidades de negociación y resolución de conflicto, dentro de su trabajo en el semillero, dado la metodología de trabajo planteada y así mismo, se valoró positivamente como competencia para su vida profesional.

Aunque el número de integrantes del semillero es alto, para la disponibilidad de recursos asignados, se ha podido manejar este número, creando nuevas actividades a las cuales pueden vincularse los estudiantes, sin embargo, se hace necesario aumentar los recursos si se desea mantener el interés y la motivación entre ellos.

El creciente interés y compromiso de los miembros del semillero, motivó la creación de una asignatura llamada Proyectos Especiales que reconoce con créditos académicos el trabajo que realizan los estudiantes en el desarrollo de sus proyectos.

6. Referencias

Artículos de revistas

- Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers and Education*, 58(3), 978-988. doi:10.1016/j.compedu.2011.10.006
- Patiño, K. P. (2014). «La robótica educativa como un entorno tecnológico que promueve el aprendizaje colaborativo»: EN Metodologías de aprendizaje colaborativo a través de las tecnologías (Vol. 178). Ediciones Universidad de Salamanca.
- Ackermann, E. (2001). Piaget's constructivism, papert's constructionism: What's the difference? *Future of Learning Group Publication*, 5(3), 438.

Libros

- Keengwe, J. (2015). *Handbook of research on active learning and the flipped classroom model in the digital age* IGI Global.

Sobre los autores

- **Flor Ángela Bravo Sánchez**, Ingeniera Electrónica, Máster en Ingeniería Electrónica. Candidata a Doctorado. Pontificia Universidad Javeriana bravof@javeriana.edu.co
- **Martha Lucía Cano Morales**, Ingeniera Electrónica. Profesora cátedra. Pontificia Universidad Javeriana. canom@javeriana.edu.co
- **Jairo Alberto Hurtado Londoño**, Ingeniero Electrónico, Doctorado en Electrónica y Telecomunicaciones. Profesor asociado de la Pontificia Universidad Javeriana. jhurtado@javeriana.edu.co

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

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)