

IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT PROGRAMABLE EN LA ENSEÑANZA DE LA PROGRAMACIÓN EN EL NIVEL MEDIO: UN ESTUDIO DE CASO

IMPACT OF THE IMPLEMENTATION OF A PROGRAMMABLE ROBOT ON THE TEACHING OF PROGRAMMING AT THE MIDDLE SCHOOL LEVEL: A CASE STUDY

Sebastián Calderón

Universidad Adventista del Plata, Argentina

sebastian.calderon@uap.edu.ar *

<https://orcid.org/0009-0007-7021-3676>

Octavio Da Silva

Universidad Adventista del Plata, Argentina

octavio.dasilva@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-3044-8793>

Juan Manuel Bournissen

Universidad Adventista del Plata, Argentina

juan.bournissen@uap.edu.ar

<https://orcid.org/0000-0002-8246-927X>

Marisa Cecilia Tumino

Universidad Adventista del Plata, Argentina

marisa.tumino@uap.edu.ar

<https://orcid.org/0000-0002-1913-6931>

* e-mail para correspondencia

RESUMEN

Últimamente, en varios países se observa la incorporación de la programación en la educación primaria y secundaria. Los estudiantes pueden volverse protagonistas de su propio aprendizaje mediante la programación, la cual, junto con otros factores, fomenta la resolución de problemas y el desarrollo del pensamiento abstracto y computacional. La enseñanza de la ciencia de la computación es esencial para preparar a futuros profesionales. La robótica brinda oportunidades de diseño y construcción que atraen el interés de los estudiantes. Este proyecto evalúa Mulita, un robot educativo programable de pequeño tamaño, resistente y económico, diseñado localmente. Esto permite a los profesores de educación secundaria introducir la robótica en sus aulas y respaldar la educación técnica en diversas disciplinas de manera accesible. Mulita se utilizó en una institución educativa argentina, durante tres años, evaluando sus resultados, las reacciones

de los alumnos y el proceso de aprendizaje de programación. Se consideraron las opiniones del docente para mejorar el diseño del robot y el impacto sobre el aprendizaje de los alumnos que interactuaron con él. El docente evaluó (a) la utilidad de Mulita para fortalecer las estrategias didácticas en la enseñanza de programación, (b) su experiencia general, (c) las estrategias de enseñanza y aprendizaje para involucrar a los alumnos y fomentar su creatividad, (d) las reacciones y los resultados de los alumnos durante la implementación y (e) la influencia de la capacitación o el apoyo sobre estos resultados.

Palabras clave: robótica educativa, tecnología educativa, pensamiento computacional, impacto en el aprendizaje docente

ABSTRACT

Lately, several countries have been incorporating programming in primary and secondary education. Students can become the protagonists of their learning through programming, which, along with other factors, fosters problem solving and the development of abstract and computational thinking. Teaching computer science is essential to prepare future professionals. Robotics provides design and construction opportunities that engage students' interests. This project evaluates Mulita, a small-sized, rugged, inexpensive, locally designed, programmable educational robot. This allows secondary school teachers to introduce robotics into their classrooms and support technical education in various disciplines in an accessible way. Mulita was used in an Argentinean educational institution for three years, evaluating its results, the students' reactions, and the learning process of programming. The teacher's opinions were considered to improve the design of the robot and the impact on the learning process of the students who interacted with it. The teacher evaluated (a) the usefulness of Mulita to strengthen didactic strategies in teaching programming, (b) his overall experience, (c) teaching and learning strategies to engage students and foster their creativity, (d) students' reactions and results during implementation, and (e) the influence of training or support on these results.

Keywords: educational robotics, educational technology, computational thinking, impact on learning

Introducción

En el contexto de la educación argentina, la Resolución N° 263/15 del Consejo Federal de Educación marca un hito al reconocer la importancia estratégica de incorporar la enseñanza de la programación en el sistema educativo. Esta iniciativa gubernamental resalta cómo el aprendizaje de la programación puede potenciar el rendimiento de niños y adolescentes en diversas áreas del co-

nocimiento. Además, se señala que la inclusión de la computación en las escuelas podría jugar un papel crucial en el fortalecimiento del desarrollo económico y social del país (Vilanova, 2018).

Por su parte, las universidades siempre tuvieron un rol fundamental en el desarrollo de la sociedad, pero, con el advenimiento de la tecnología y la sociedad del conocimiento, estas funciones fueron intensificadas por la necesidad de

innovación, creación y producción de soluciones para el desarrollo sostenible de la sociedad. La relación estrecha entre diferentes actores sociales, como en el caso de universidades, gobierno y escuelas, ha generado modelos exitosos de ecosistemas para el desarrollo local, con base en el conocimiento y la innovación.

Parte de la función social de las universidades hacia la comunidad es la transferencia y producción de conocimiento (Nwosu, 2012). La transferencia de conocimiento es entendida como un proceso que involucra dos acciones dadas por su transmisión y absorción (Ariza et al., 2020). A su vez, Romero Alonso et al. (2020) identifican tres factores influyentes en la aplicabilidad de los aprendizajes en el contexto: (a) el proceso formativo, (b) los resultados del proceso y (c) las condiciones de transferencia al entorno.

Según Rodríguez-Izquierdo (2020), en educación se están impulsando metodologías activas que suponen una participación estudiantil no solo en su aprendizaje sino también en el servicio; sin embargo, se observa la escasa participación de los estudiantes. La investigación respalda la eficacia de las metodologías activas para aumentar la satisfacción y el compromiso de los estudiantes en sus estudios. Se destaca el aprendizaje servicio como una estrategia educativa que integra aprendizaje y servicio a la comunidad, permitiendo a los participantes mejorar su entorno al abordar necesidades reales mientras aprenden (Mendía Gallardo, 2012). Se estima recomendable impulsar el aprendizaje servicio en las instituciones educativas, con la intención de promover el compromiso de los estudiantes con su formación académica y con la comunidad.

Tendencias en la comunidad tecnológica

En consonancia con la filosofía del aprendizaje servicio, desde hace algunos años se ha iniciado un movimiento tecnológico a nivel mundial en el que distintas industrias de tecnología liberan los planos de sus productos dándole la posibilidad a los usuarios de armar sus propios componentes de electrónica y facilitar su acceso de cara a solidarizarse con la sociedad. Esta situación provocó que toda una comunidad mundial se sume aportando planos de sus creaciones, ya sean de software, de hardware o de diseño.

Un equipo de investigación de Robótica Educativa, de la universidad donde se desarrolló el estudio, consideró ser parte de esta comunidad como forma de contribuir a la formación de los estudiantes. Al priorizar la generación de conocimientos y la libre divulgación, los estudiantes comprenden la importancia de respetar la autoría de las producciones intelectuales y a solidarizarse con otros que puedan necesitar hacer uso de un desarrollo propio.

El equipo en cuestión ha comenzado a crear tecnología amigable como punto de partida para desarrollos de mayor complejidad. Dado que en Argentina actualmente no existe gran cantidad de herramientas para enseñar materias técnicas, el principal aporte de esta investigación consiste en generar un dispositivo capaz de ser programado y modificado con el fin de que los alumnos de distintas escuelas puedan recibir educación técnica de calidad. A nivel productivo, el robot cumple con las características esenciales requeridas para la enseñanza de programación y robótica, materias que vienen ganando

terreno en los espacios curriculares de la mayoría de los países desarrollados. En este aspecto, en Argentina se están invirtiendo esfuerzos a nivel nacional para incorporar estas materias en las escuelas y, aunque aún se carece de suficientes herramientas técnicas para ello, la comunidad tecnológica se pronuncia en favor de la integración de los recursos que promueven el desarrollo del pensamiento computacional.

Pensamiento computacional

Alsina y Acosta Inchaustegui (2018) destacan la eficacia de la enseñanza de la programación, usando robots educativos programables, para fomentar el pensamiento computacional en los alumnos. La incorporación progresiva de la programación en currículos, respaldada por diversos países, requiere orientaciones didácticas. El pensamiento computacional, central en el currículo propuesto, va más allá de la codificación, permitiendo a los estudiantes abordar problemas, reconocer patrones, utilizar el razonamiento abstracto y diseñar algoritmos. Programar en la educación escolar desarrolla habilidades de pensamiento de orden superior, activa diversos estilos de aprendizaje y facilita la resolución efectiva de problemas complejos mediante el pensamiento computacional (Ángel-Díaz et al., 2020; Zapata-Ros, 2015).

El pensamiento computacional se está convirtiendo en un área crucial en el desarrollo educativo debido a su importancia en la resolución de problemas. Aunque aún carece de modelos y estrategias consolidadas para formar y evaluar a los estudiantes en estas habilidades, la robótica educativa se presenta como una estrategia efectiva, pues proporciona una motivación adicional a los niños, estimulándolos a crear y desa-

rollar soluciones basadas en software (Mejía C. et al., 2022).

Robótica educativa

La robótica educativa, con más de dos décadas de existencia, ha experimentado un notable crecimiento, especialmente en los últimos años. La asignación de equipos tecnológicos en la enseñanza primaria y media básica creó un entorno favorable para la implementación de nuevas prácticas educativas, cruciales para los procesos de aprendizaje (García y García Cabeza, 2020). Por su parte, y de acuerdo con Sánchez Sánchez (2019), la robótica educativa promueve la motivación y el interés de los alumnos, lo que conduce a obtener resultados más significativos en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Sumado a estos resultados, Villacrés-Sampedro et al. (2020) concluyen, desde su investigación, que la aplicación de la robótica educativa efectivamente mejora la comprensión de la lógica proposicional, mientras que Sánchez Sánchez et al. (2020), mediante un estudio de caso, corroboraron que, además de los beneficios señalados, el trabajo cooperativo con robótica educativa convierte el aprendizaje en diversión, lo que propicia la adquisición de conocimientos más complejos a partir del aprendizaje entre iguales.

En una búsqueda bibliográfica de estudios que emplearon la robótica como recurso para desarrollar habilidades blandas, García-Romero (2020) recopiló las experiencias de investigaciones que hallaron evidencias en los comportamientos sociales positivos de los educandos. Las observaciones sintetizan mejoras en la comunicación, la colaboración, la creatividad, el pensamiento innovador y la orientación al logro, competencias que permiten proveer

soluciones a los retos futuros. Las conclusiones a las que arribó la autora señalan que la robótica y la construcción de robots deberían integrarse en las aulas, pues impulsan la mejora y el fortalecimiento del aprendizaje y de la experiencia social. A conclusiones similares arribaron Arrieta et al. (2019). Un aspecto que rescata García-Romero (2020), de los estudios analizados, estriba en la necesidad de continuar impulsando investigaciones futuras a fin de identificar los beneficios que ofrece la robótica en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En la actualidad, los múltiples enfoques que sostienen estas prácticas impulsan la asunción de desafíos centrados en el alumno. Específicamente, García y García Cabeza (2020) promueven el desarrollo de la robótica educativa mediante cuatro claves, a saber, la imaginación, el diseño, la construcción y la programación. Por su parte, Gómez Bustamante y Martínez Cogollo (2018) proponen la adopción de la robótica al campo educativo apoyada en cinco fases: diseño, construcción, programación, prueba y documentación. Estos autores concluyen que se trata de una herramienta educativa novedosa por despertar el interés del alumno y desarrollar habilidades creativas y su pensamiento lógico y formal. A su vez, Monsalves González (2011) respalda la idea de que la robótica no sólo beneficia a los alumnos con los contenidos de tecnología, sino también con los de matemática y ciencias, reconociendo su aplicabilidad en otros contenidos como los de historia, geografía y astronomía, permitiendo incorporar en un mismo proyecto contenidos de varias disciplinas.

Teniendo en cuenta lo mencionado precedentemente, se describen a continuación algunos principios de la robó-

tica educativa y las fundamentaciones teóricas que impulsan el desarrollo del robot, basadas en las propuestas de Papert (1995) para educar en tecnologías. Se presentan sucintamente aspectos importantes a la hora de pensar en el producto final, tales como el aprendizaje piagetiano y el construccionismo.

Aprendizaje piagetiano

La robótica pedagógica, según Ruiz Velasco Sánchez (2007), busca impulsar la capacidad de los jóvenes para construir conceptos de ciencia y tecnología aplicables a la programación y control de dispositivos tecnológicos. Basándose en la concepción piagetiana, sostiene que el verdadero aprendizaje involucra la participación activa del estudiante en la construcción del objeto de conocimiento, mediado por el diseño, armado, construcción y control de robots educativos.

Papert (1995) destaca el principio piagetiano del aprendizaje sin enseñanza, enfocándose en la idea esencial de que los niños construyen sus estructuras intelectuales mediante el juego y la experimentación. Basándose en este principio, describe un modelo de niño que guía sus investigaciones. Los dispositivos tecnológicos diseñados por Papert pretendieron acompañar los procesos y desarrollar el pensamiento formal, utilizando materiales concretos con los que el niño pudiera jugar y adaptando las tecnologías a las diferentes etapas de desarrollo con el propósito de mejorar las condiciones de enseñanza. La concepción del alumno como un epistemólogo, que explora el origen y el desarrollo del conocimiento, valora la creatividad sobre la corrección y permite a los alumnos idear, implementar y probar sus conceptos mediante juegos programables. El enfoque fomenta la reflexión y la modificación de ideas en función de la

experiencia, subrayando la importancia de proporcionar nuevas herramientas para que los niños jueguen, aprendan, reflexionen y se familiaricen con su aprendizaje. El autor aboga por un enfoque educativo que reconozca que los niños exploran el mundo y aprenden de sus propias experiencias, en lugar de depender exclusivamente de un conjunto de reglas impuestas por un sistema.

Construccionismo y constructivismo

El construccionismo, según Papert y Harel (2002), se concibe como aprendizaje mediante la acción, centrado en la creación de estructuras de conocimiento por parte del niño. A diferencia del constructivismo de Piaget, que es más teórico, el construccionismo se enfoca en la práctica y en el entorno de aprendizaje del alumno, promoviendo el aprender a aprender y la importancia de la acción en el proceso educativo. La integración de ambas perspectivas, según Ackermann (2001), es esencial para comprender cómo los individuos dan sentido a su experiencia y optimizan sus interacciones con el mundo.

Por su parte, Cortés Osorio et al. (2009) sostienen que el método construccionista compromete al estudiante con su aprendizaje activo, que trasciende los límites de su instrucción educativa. En esta línea de pensamiento, y analizando la robótica como disciplina, debe permitir a los alumnos construir el saber y nuevos conocimientos. Ruiz Velasco Sánchez (2007) asevera que la integración de estas herramientas, desde una perspectiva diferente y desarrollando el razonamiento lógico, logra un enfoque pedagógico más rico y eficaz.

Asociado a esta corriente, Nieto (2016) describe el “movimiento maker” como la tendencia en el mundo de la

tecnología que consiste en crear objetos artesanalmente, utilizando tecnología como la impresión 3D o la robótica. Este movimiento apunta directamente a la creatividad en las aulas, donde se espera que los estudiantes dispongan de las herramientas físicas —como pueden ser una impresora 3D o una cortadora láser— y cognitivas indispensables para emprender el proceso de desarrollo de sus propias creaciones. El “movimiento maker” busca explorar la creatividad e incentivar el aprender haciendo. Dougherty (2012) sostiene que las personas están enriqueciendo sus vidas al crear algo nuevo y aprender nuevas habilidades.

Desde la concepción de construir conocimientos integrados y coordinados entre diferentes disciplinas con el propósito de buscar respuestas a los problemas de la vida real, de acuerdo con Suárez Zapata et al. (2018), recobra sentido la utilidad de las tecnologías en el proceso educativo, puesto que favorece el aprendizaje por descubrimiento mediante la experimentación. Sin embargo, y tal como lo señalan los autores, la esencia de los recursos tecnológicos radica en las propuestas didácticas que los docentes implementan en el aula. Su valor se manifiesta en las actividades interactivas, dinámicas y versátiles diseñadas para aumentar la motivación de los estudiantes. Una planificación adecuada, según Sánchez Sánchez et al. (2020), potencia la utilidad de estas tecnologías, generando entornos de aprendizaje interdisciplinarios que fomentan no solo cambios significativos en el aprendizaje y en las relaciones, sino también una mirada holística del aprendizaje.

Como puede apreciarse, las tendencias descritas impulsan el compromiso docente con proyecciones prometedoras y desafiantes. Con la finalidad de

aprovechar y optimizar el potencial que ofrecen estas nuevas tecnologías, resulta sustancial animar de manera transversal a todos los docentes, independientemente de su área, a integrar la informática y la robótica. Esta integración no solo es altamente beneficiosa, sino que también abre la puerta a diversas formas innovadoras de enseñanza.

Rol del seguimiento docente

Según Cortés Osorio et al. (2009), resulta esencial que los docentes se reevalúen y asuman el papel de guías dinámicos en la exploración de diversas áreas del conocimiento, facilitando la solución de problemas por parte de los estudiantes. La orientación de los docentes hacia las tendencias impulsadas por las nuevas tecnologías se considera crucial y la capacitación juega un papel significativo en este proceso, contribuyendo al desarrollo de capacidades humanas y permitiendo a los profesionales crecer integralmente al adquirir y transferir conocimientos, así como al desarrollar habilidades y competencias alineadas con las necesidades individuales y de la organización (Orozco Francia, 2018).

Dado que las capacitaciones persiguen fines asociados a beneficios reportados a las instituciones, la evaluación de los resultados cobra un sentido trascendente para los interesados. Por esta razón, la capacitación se encuentra ligada a la evaluación de impacto.

Evaluar el impacto no es una tarea sencilla, pero sumamente necesaria, ya que de esta forma se obtiene una retroalimentación de lo que se ha enseñado. Se entiende como impacto el cambio producido en una población, comparado con lo que habría sucedido si no se hubiera intervenido en ella (García Sánchez y Cardozo Brum, 2017).

Si bien la integración de las nuevas tecnologías es principalmente producto de la iniciativa de quienes diseñan e implementan las estrategias de enseñanza, se considera importante observar el impacto del acompañamiento a los docentes a fin de conocer su utilidad. Es necesario orientar y ofrecer el seguimiento apropiado para mejorar la calidad de las acciones futuras. Se debe asegurar información de calidad y la evaluación debe ser sostenida en el tiempo, acompañando el proceso y posteriores cambios surgidos de la experiencia (Fleitas Triana y Hernández Medina, 2019).

Objetivos

El estudio se propuso como objetivos (a) implementar el robot, con características híbridas y componentes de bajo costo, para instituciones educativas de cualquier nivel con fines educativos, liberados los planos, procedimientos de armado y documentación del diseño del robot, a fin de usarse como base para futuros proyectos de investigación, (b) ganar experiencia en el desarrollo de proyectos en robótica para formar un grupo de investigación en una disciplina en constante crecimiento a nivel mundial y (c) evaluar el impacto de la implementación del robot, para el estudio de programación, en el aprendizaje percibido de los alumnos que lo manipulan. Específicamente se evalúa la utilidad de la Mulita como recurso que refuerza las estrategias didácticas en la enseñanza de la programación, la percepción general de su experiencia, las estrategias de enseñanza y aprendizaje aplicadas para introducir a los alumnos en el tema e impulsar su creatividad, las reacciones observadas, los resultados obtenidos por los alumnos durante la implementación y el rol que juega la capacitación

o acompañamiento en los resultados de estas prácticas.

Método

El trabajo adoptó una estrategia de investigación de las percepciones de un docente, pionero en la exploración del prototipo Mulita, como estudio de caso único y siguiendo la perspectiva de Yin (2005). El enfoque no buscó la generalización de los hallazgos, sino más bien la comprensión detallada del fenómeno investigado dentro de su contexto específico. El estudio adoptó un carácter cualitativo por tratarse de un caso de estudio en el que el docente participante, perteneciente a un instituto de nivel medio que cuenta con ejemplares del robot, describe su experiencia y percepciones, además de referir los resultados de la implementación de la Mulita.

Diseño y desarrollo del robot educativo Mulita

Siguiendo las ideas de Papert sobre la aplicación de la teoría de Piaget, un equipo multidisciplinario de investigadores se propuso analizar las características esenciales de un robot educativo que pueda acompañar al alumno en su aprendizaje. Este equipo estuvo conformado por seis miembros: un docente del área de TIC con experiencia en robótica y conocimientos en el ámbito educativo, un alumno de la carrera de ingeniería en sistemas, quien fue el pionero en trabajar con la idea del robot educativo, y otro alumno de la misma carrera y un licenciado en sistemas quienes avanzaron en el desarrollo del modelo 3D, la electrónica y la fabricación del robot de acuerdo con la investigación llevada a cabo. Complementaron el equipo otros dos investigadores.

El objetivo principal fue facilitar el

aprendizaje de programación mediante el juego, permitiendo que el estudiante desarrolle teorías, las confronte con sus observaciones y, en caso de resultados inesperados, reformule sus ideas.

En una etapa inicial del proyecto, se dedicó tiempo y esfuerzo a seleccionar los componentes electrónicos, así como al diseño y la construcción de los prototipos iniciales del robot. Esta decisión estratégica de desarrollar internamente el robot Mulita permitió no solo controlar los costos de producción, sino también garantizar un mantenimiento más eficiente y una capacitación más personalizada. Una vez completado el primer robot funcional, se procedió a su prueba en un entorno educativo, lo que brindó la oportunidad de avanzar en el desarrollo del software necesario para aprovechar al máximo las ventajas de contar con un producto de fabricación propia.

La Mulita utiliza electrónica estándar y fácil de adquirir, con un chasis imprimible en 3D, lo que sortea la necesidad de comprar kit de robótica. Al liberar planos y códigos se otorga, a los usuarios de la Mulita —ya sean aficionados, docentes o alumnos—, la posibilidad de programarla con las órdenes previstas o de escribir sus propias sentencias, contribuyendo de esta manera a la gran comunidad de usuarios open source del tipo de tecnología utilizada. Asimismo, se pretende incentivar el “pensamiento maker” a partir del armado del robot. Al estar construida con impresión 3D, la Mulita permite incentivar en los alumnos el trabajo con el armado de cada robot, sus conexiones físicas y electrónicas y su puesta a punto (ver Anexo 1).

El robot Mulita no es un producto que pretenda alcanzar una versión definitiva, sino que, por el contrario, se trata de un robot modificable según las

preferencias de los usuarios e impulsa la implementación de un dispositivo tecnológico sencillo para el aula, estimulando en sus usuarios el pensamiento crítico, libre y creativo. Este objetivo se lograría mediante la programación del robot. En primer lugar, el alumno debe pensar en el comportamiento que desearía observar en el robot; por ejemplo, que dibuje una figura determinada. A continuación, escribiría las correspondientes órdenes en código desde la computadora y, una vez escrito el programa, este se enviaría al robot, respondiendo una por una a cada orden al ejecutar el programa. Si el robot, al ejecutar las órdenes, dibuja la figura de un modo diferente al deseado, el alumno deberá revisar las órdenes y reescribirlas, teniendo en cuenta el comportamiento observado en el robot.

El proyecto comenzó como parte del interés de un alumno por participar en las competencias Micromouse de resolución de laberintos, las cuales requieren robots rápidos y ágiles capaces de navegar de manera eficiente a través de laberintos complejos. Estos robots deben tener características específicas, como velocidad, precisión en la navegación y capacidad de procesamiento para tomar decisiones en tiempo real. Al ver que en Argentina no existen robots accesibles que cumplan con estas características necesarias, se inició el diseño de un prototipo para cumplir con este propósito. Al avanzar en su diseño, empezaron a surgir nuevas ideas que harían del robot un producto útil para muchos colectivos: educadores, educandos, programadores avanzados y hobbistas, entre otros. Por lo tanto, teniendo en cuenta que actualmente no hay robots de características similares en el mercado nacional, se pretende evaluar el impacto de la implementación del robot, diseñado para una

plataforma móvil programable de pequeñas dimensiones y de bajo costo, en la enseñanza de programación en alumnos que cursan asignaturas de tecnología en el nivel medio.

Es importante señalar que, aunque no se ha encontrado un producto nacional comparable con las capacidades de la Mulita, los costos de fabricación del robot son inferiores al 40% respecto de los precios que ofrece el mercado.

Pruebas e implementación

Inicialmente, y con el propósito de explorar las virtudes del robot programable, un docente, pionero en la innovación, lo incorporó en sus prácticas con los alumnos, cuyo asombro favoreció el proceso de integración de esta tecnología en el aula.

Una vez completada con éxito la fase inicial de pruebas y fabricada una cantidad de 80 prototipos del robot, se procedió a distribuirlos entre 12 colegios pertenecientes a la red de la educación adventista de Argentina. Posteriormente, se llevó a cabo un taller de capacitación diseñado específicamente para los docentes de estos colegios cuyas asignaturas estaban relacionadas con las tecnologías y requerían una actualización pedagógica. La capacitación se dividió en dos sesiones realizadas a lo largo de un período de dos meses. En total, participaron 15 docentes del área de TIC o tecnología de distintos colegios, sin hacer distinción entre quienes poseían conocimientos previos en robótica o programación y los que carecían de experiencia en estas áreas. Es importante señalar que todos los colegios participantes están ubicados en zonas urbanas y son de gestión privada.

En la primera sesión participaron docentes de seis colegios de manera

presencial y otros de seis colegios en modo virtual, sumando un total de 15 personas entre personal administrativo de los colegios y docentes del área de tecnología. Se abordaron los fundamentos de la robótica educativa, los objetivos y principios implícitos en la creación de la Mulita, los componentes básicos y los primeros acercamientos a la programación y electrónica de Arduino. La segunda instancia fue llevada a cabo de manera virtual con los docentes de los 12 colegios, donde se desarrollaron actividades con diferentes componentes y se presentaron ideas estratégicas de implementación del robot. El objetivo principal fue introducir a los profesores al mundo de la robótica con Arduino, enseñarles los primeros pasos de la programación, de un modo práctico y sencillo, para ir avanzando paulatinamente en la complejidad de código y de electrónica utilizada. Se brindaron videos tutoriales de armado y programación, y se crearon canales de comunicación directa para la asistencia y asesoramiento a los docentes que desearan explotar las bondades del robot en sus actividades.

La percepción formada desde la enseñanza de la programación, mediante la implementación de la Mulita en el aula, fue obtenida de una entrevista semiestructurada mantenida con el docente, cuya experiencia constituye un legado no solo para el cuerpo académico institucional, sino también para todos aquellos que consideren la introducción de la innovación como estrategia didáctica optimizadora de los procesos de aprendizaje. Las preguntas conductoras permitieron abrir el diálogo y enriquecerlo con el surgimiento de nuevas preguntas derivadas de las respuestas compartidas.

En dicha oportunidad el docente expuso sus opiniones respecto de (a) la

utilidad de la Mulita como recurso que refuerza las estrategias didácticas en la enseñanza de la programación, (b) la percepción general de su experiencia, (c) las estrategias de enseñanza y aprendizaje aplicadas para introducir a los alumnos en el tema e impulsar su creatividad, (d) las reacciones observadas y los resultados obtenidos por los alumnos durante la implementación y (e) el rol que juega la capacitación o el acompañamiento en los resultados de estas prácticas. Las respuestas fueron grabadas con el consentimiento del docente para su posterior transcripción y análisis de la información reportada, lo que permitió complementar la visualización de la realidad estudiada.

Una vez recopilados los datos, se analizó la información para conocer el nivel de impacto de la implementación de la Mulita en la enseñanza de la programación para alumnos de nivel medio. La intención del equipo de desarrollo de la Mulita era proporcionar el robot a los docentes interesados en innovar en sus clases de informática o tecnología. Después de que la comunidad de docentes que contaban con el robot recopilara las impresiones de las experiencias de enseñanza y aprendizaje con la nueva implementación, se recogieron las percepciones de los docentes, previa autorización y consentimiento informado, lo que permitió procesar los datos y obtener información generalizable.

Las respuestas aportadas por el docente, durante la entrevista, constituyen una contribución al desafío, pronunciado por Maíz Guijarro y Carvalho (2021), de conocer y sistematizar los resultados recabados a partir de experiencias educativas, investigaciones e impactos observados en el aprendizaje de los alumnos, mediante la utilización de la robótica y

la programación.

Una vez grabadas, transcriptas y depuradas las respuestas del docente, se procedió a organizarlas y analizarlas a partir de las cinco categorías preestablecidas para el estudio: utilidad de la Mulita, percepción, estrategias de enseñanza, evaluación del impacto en el aprendizaje y acompañamiento. El método utilizado fue el análisis de contenido, donde las informaciones de la entrevista fueron transcriptas y codificadas por medio de las unidades de registros elegidas, incluyendo el tema y el personaje informante, a fin de comprender la opinión, los valores, las creencias o las actitudes vinculadas a las categorías (Bardin, 2011).

Resultados

La idea original de la implementación de la Mulita fue minimizar la teorización y empezar a practicar en el espacio de la enseñanza de la tecnología de la información y la comunicación del nivel medio, estudiando y aplicando la robótica para introducir a los alumnos en la programación desde el trabajo en grupo.

A continuación, se presentan algunas de las opiniones del docente entrevistado en este estudio de caso, quien proporcionó valiosas perspectivas durante el proceso de investigación. Estas respuestas reflejan sus percepciones y experiencias en relación con la implementación de la Mulita en el contexto educativo, ofreciendo una visión integral de los desafíos y beneficios que enfrentan al incorporar esta tecnología en sus prácticas pedagógicas.

Utilidad de la Mulita: ¿se apunta a desarrollar proyectos realmente útiles?

En consonancia con Monsalves González (2011) y Royero Vergara y Pernet Benavides (2020), quienes sostienen

que la robótica educativa favorece en el estudiante el desarrollo de competencias que le permiten generar su autoaprendizaje y refuerza las competencias necesarias para futuros campos laborales, el docente da cuenta de lo que representa la robótica educativa para los alumnos.

La robótica tiene que estar a nuestro servicio. Si encontramos su lado útil en el día a día, entonces cumplió su objetivo. No es simplemente un robotito para jugar, sino que debe tener una utilidad. Estamos armando muchos robots distintos con la base en la Mulita. Cada equipo va seleccionando el proyecto conforme a los problemas cotidianos que vive. Por ejemplo, alumnos que viven en el campo detectaron la incomodidad de tener que bajarse del vehículo para abrir la tranquera y cerrarla, por lo que estaría bueno hacerlo automáticamente. Otro dijo que necesitaba programar una luz delante de su casa. Compraron componentes y ya estamos trabajando con proyectos muy interesantes. Entonces me doy el lujo de aprender con ellos. Obviamente que hay un porcentaje de alumnos que no se comprometen, pero cada vez hay más alumnos a quienes los temas le despiertan la atención. Siempre apuntamos a satisfacer necesidades, que le vean la parte útil del día a día. Con pocos componentes, son muchos los temas que puedo enseñar. A los chicos que se metieron un poco más en robótica, a partir del puntapié de la Mulita, se les abrió el mundo de los tutoriales, el mundo de Arduino, el mundo de Open Source, un nuevo mundo repleto de oportunidades de desarrollo tecnológico.

Para mí la Mulita es un puntapié

que nos lanza al mundo de la robótica y de la programación. La Mulita es una excusa porque, al poder manipularse y modificarse, despierta la pasión por construir y producir; es decir, despierta el motor propio.

Percepción: ¿cuál fue la percepción general de esta experiencia con la mulita?

A partir de la percepción general de la Mulita, el docente la califica como una herramienta didáctica potente para iniciarse en el mundo de las nuevas tecnologías.

Atrae a los chicos y crea motivación. Los chicos ya tienen cierta motivación para las tecnologías y todo lo que sea robotizado. Pero con esto lo hacen tangible, lo dejan de ver en las redes y lo empiezan a ver en el aula. Lo empiezan a manipular y los alumnos a quienes no los enganchaba con nada tomaron el proyecto de robótica y programación y se metieron de lleno y trabajaron con la creatividad, porque ahí hay cierto grado de autonomía y como docente permitía que vuelen con su imaginación, con todo lo que era el caparazón; todo lo que rodeaba a la Mulita la embellecía y me sorprendieron también a la hora de trabajar con las conexiones; todo nuevo. Como docentes debemos ayudarlos a ser autónomos en su aprendizaje porque el día de mañana tendrán que enfrentarse a nuevos problemas y desafíos. Tal es la motivación que usaban los momentos de recreo para estar en mi aula de tecnología para tener 15 minutos de pura ciencia y también le dedicaba tiempo extracurricular. Nos juntamos a merendar y convivir, que es

lo que ellos necesitan, generando espacios que aumentan la motivación de los chicos. No debe haber resistencia al cambio.

Estrategias de enseñanza: ¿qué estrategias fueron aplicadas para impulsar la creatividad?

En la actualidad, la robótica con fines pedagógicos se convierte en una estrategia de enseñanza de diferentes disciplinas al generar un ambiente de aprendizaje donde el estudiante y el trabajo colaborativo desempeñan un papel fundamental por medio de la construcción de robots (Mendoza-Hernández et al., 2020). Resulta relevante describir las estrategias de enseñanza y aprendizaje que el docente utilizó en esta experiencia.

Como disparador de la clase les comento las noticias que leo. Me gusta ver noticias de desarrollos tecnológicos. Les comparto noticias que tratan de jovencitos de la edad de ellos, que pensaron en cómo ayudar a la gente que no tiene manos o ayudar a perros con fractura de cadera y crearon estos diseños que les muestro en fotos. Allí comienzan las preguntas disparadoras del pensamiento, por ejemplo: ¿qué componentes utilizó?, ¿será que alguna vez podemos hacer algo así? y ¿en qué podríamos ayudar nosotros? Esto optimiza el nivel de atención de la clase. Las preocupaciones personales que traen se olvidan y se sumergen en el desafío. En esos tres minutos de inicio de la clase me gusta innovar. El poder reciclar componentes de aparatos que no se usan también resulta muy positivo. Les pregunto qué componentes se pueden utilizar para sus proyectos y van surgiendo ideas, buscando

información, investigando las funcionalidades de esos componentes y explotando su utilidad, metiéndose en el mundo de la electrónica sin querer, porque el querer aprender los hace investigar. Aprovechamos las ferias de ciencia para que puedan exponer las ideas que van surgiendo y los avances en los desarrollos. Aunque algunos manifiestan temor, el hecho de que todo un equipo los respalda ayuda a superarlo. Otra estrategia muy útil es dar continuidad a los trabajos. Por ejemplo, a un puente que crearon los alumnos del año anterior, ahora se le están incorporando mecanismos que elevan el puente para que pasen barcos, lo que los lleva a indagar sobre electricidad y buscar respuestas a inquietudes sobre, por ejemplo, el funcionamiento de una llave inversora. Son temas complejos que tuvimos que estudiar, porque yo los desconocía. Nadie nació sabiendo eso. Muchas veces hacemos lecturas y no para tomar notas, sino porque tienen el interés de absorber lo que necesitan para avanzar. Y si bien tenemos un libro con el que vamos avanzando y en cada parte práctica hay un trabajo teórico que lo acompaña, nos basamos en lo que es el proyecto tecnológico. Buscamos un problema, buscamos varias soluciones, elegimos una solución, la implementamos, la creamos, la evaluamos y la mejoramos.

El trabajo colaborativo en equipo representa un valor agregado para los alumnos porque, como actividad grupal, toman la iniciativa de comprar componentes, pues inicialmente no teníamos suficientes kits. Se armaron 23 mulitas, con su electró-

nica, con el mismo sensor, con los mismos motores. El alumno que no tenía recursos era cubierto por los que sí podían y se comprometía con el trabajo. Gracias a la impresora 3D y el acompañamiento del Instituto de Investigación en Sistemas de la Universidad Adventista del Plata, llegamos a armar los chasis en los que los alumnos modificaban los rasgos o los gestos según sus preferencias, cargaban el programa y personalizaban la cara del robot. Algunos le hicieron una sonrisa y otros se entusiasmaron e hicieron de todo. Son oportunidades que disparan la creatividad.

Lo que se pretende también con las actividades es crear mejores recursos de aprendizaje y poder donar lo que tenemos a la escuela primaria o a quienes lo necesiten. Nos entusiasman esas ideas que surgen de los alumnos, mientras como docentes podemos acompañarlos y darles nuestro apoyo. Por ejemplo, a partir de unos componentes que teníamos nos preguntamos qué podríamos hacer y se les ocurrió construir una impresora 3D para donar la que teníamos a la escuela primaria y así sus alumnos pudieran comenzar a diseñar e imprimir. Una realidad es que los alumnos del nivel medio tienen tiempo disponible y por eso lo que ofrece la educación representa un servicio para la comunidad, lo que podría llamarse aprendizaje servicio.

Evaluación del impacto en el aprendizaje: ¿cuáles fueron los resultados obtenidos por los alumnos en la experiencia con la Mulita?

El docente describe con optimismo los resultados observados, señalando el

plus que inyectan estas herramientas, no sólo para la tecnología sino también para otras disciplinas, tal como lo enuncian Royero Vergara y Pernet Benavides (2020).

Siempre superan lo que les pido, propongo algo y comienzan lluvias de ideas interesantes que complejizan la propuesta inicial y la hacen más desafiante. Por lo general, salvo excepciones, superan mis expectativas. Les propongo una vara y por lo general la sobrepasan. El trabajo intelectual combinado con el trabajo manual y poder ver y mostrar en las redes sociales los resultados concretos los entusiasman. Manifiestan cansancio provocado por el uso de las carpetas y el trabajo tradicional. Desean hacer y aprender haciendo, observando, desarmando, armando en el mundo de las nuevas tecnologías lo que los apasiona. Hay alumnos que entienden y saben más que yo y aprovecho para que expongan y compartan sus conocimientos para beneficiar a sus compañeros y a mí. Entonces todos vamos aprendiendo o por lo menos tienen una noción de lo que su compañero sabe mucho y aprenden a buscar. Con la robótica y la programación, el alumno se siente más creativo y productivo y se observa mucha participación.

Creo que hay un antes y un después de la impresión 3D, porque, al poder contemplar el objeto que acabaron de diseñar y, además, hacer que ese objeto que construyeron se mueva conforme las órdenes que ellos imparten, no tiene precio, lo que también les da la oportunidad de ajustar o corregir lo que no está saliendo bien.

Fue muy linda experiencia por-

que en el diseño hay mucho para recorrer, hay mucho mercado y los alumnos percibieron que este aprendizaje les provee una herramienta muy poderosa para su futuro. Como docente conocía lo básico que les transmití y hay mucho contenido que no sabíamos y que fuimos aprendiendo juntos y esa es la clave, puesto que los profesorado nos ofrecen un pincelazo insuficiente de lo que es robótica y programación, lo que hace extensivos los buenos resultados a los docentes también.

El trabajo con este tipo de herramienta permite evaluar en forma permanente. Se observa, se escucha, se interroga y es una forma muy efectiva de evaluar. Estas estrategias permiten incrementar mucho la participación e incluso les asigno una calificación por innovación y por prolijidad. El diseño curricular concede flexibilidad para evaluar. La participación en los talleres o ferias de ciencia también se convierten en oportunidades evaluativas. Me cruzo con los padres y me agradecen porque el hijo al fin entiende que tiene que hacer las cosas bien, lo más perfecto posible. Eso también es parte de la evaluación integral. A los chicos les gusta moverse, están cansados de la carpeta y es necesaria la carpeta y el manual, pero la práctica, la ejercitación, convierte la clase en una linda experiencia y se pasa muy rápido la hora. Es de recalcar que estas iniciativas no solo reditúan beneficios en el aprendizaje de programación, sino que impulsan mejoras en los resultados de otros contenidos, ya que propicia el desarrollo de la autonomía, la creatividad y la responsabilidad.

Acompañamiento: ¿qué rol juega la capacitación y el acompañamiento?

Algunos autores, como Goncalves Cobrado (2020), han diseñado y presentado capacitaciones a docentes, abordando diferentes kits robóticos con propuestas de secuencias didácticas específicas, coherentes con las políticas educativas impulsadas gubernamentalmente. En las capacitaciones y acompañamientos se espera entregar a los docentes herramientas que les permitan tener experiencias didácticas con la robótica educativa, utilizando recursos existentes. En el presente estudio, el docente se refirió al sentido que encontró en la capacitación y acompañamiento recibidos.

Sin la capacitación y el acompañamiento no podríamos haber hecho las cosas en el tiempo en que las hicimos porque ante cualquier error o inconveniente que surgía me ofrecían apoyo para encontrar la solución. Puedo también buscar la solución en Google, pero no es lo mismo contar con el acompañamiento que me facilitó horas de reniego. Creo que Dios guió todo porque me puso a profesionales geniales del INIS para que me acompañaran. Es fundamental contar con alguien que pasó por la experiencia o que fueron los creadores de la tecnología para que puedan responder cualquier duda. Es muy bueno que el acompañamiento y apoyo que me han brindado se lo estén dando también a todas las instituciones a las que se le ofreció este producto.

Interpretación de los resultados

Los resultados de la investigación revelan una serie de interpretaciones significativas sobre la implementación de la Mulita en el ámbito educativo,

especialmente a partir de las opiniones expresadas por el docente entrevistado. En primer lugar, se destaca la utilidad práctica que la Mulita representa para los estudiantes, al proporcionarles la oportunidad de desarrollar proyectos con un propósito concreto y real. Como lo señala el docente, la Mulita no es simplemente un robot para fines recreativos, sino que se convierte en una herramienta versátil que puede adaptarse a diversas necesidades cotidianas, permitiendo a los alumnos abordar problemas reales y encontrar soluciones innovadoras.

En cuanto a la percepción general de la experiencia con la Mulita, se observa un entusiasmo generalizado entre los estudiantes, quienes muestran una mayor motivación y participación en las actividades relacionadas con la tecnología y la robótica. La posibilidad de trabajar en proyectos concretos y manipular físicamente los componentes del robot les brinda una experiencia de aprendizaje más tangible y significativa, lo que se traduce en un mayor compromiso y en el disparador de la creatividad de los alumnos.

En términos de las estrategias de enseñanza aplicadas, el docente destaca la importancia de utilizar recursos innovadores y contextualizados para estimular el pensamiento crítico y la creatividad de los estudiantes. El enfoque en proyectos prácticos y colaborativos permite a los alumnos explorar y experimentar con conceptos teóricos de una manera más dinámica y relevante, lo que contribuye a un aprendizaje más profundo y significativo.

En cuanto a los resultados obtenidos por los alumnos, se observa un impacto positivo en su desarrollo académico y personal. Los estudiantes muestran un nivel de logro que supera las expectativas

del docente, mostrando un alto nivel de creatividad, autonomía y responsabilidad en sus proyectos. Además, se destaca el valor añadido que la Mulita aporta al currículo escolar, al proporcionar oportunidades de aprendizaje en áreas como la programación, la electrónica y la resolución de problemas prácticos.

Por último, el rol del acompañamiento y la capacitación se presenta como un factor clave en el éxito de la implementación de la Mulita en el aula. El apoyo permanente proporcionado por expertos en tecnología educativa ha sido fundamental para superar desafíos y maximizar el potencial de esta herramienta en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este enfoque colaborativo y orientado al aprendizaje continuo ha permitido al docente y a los alumnos explorar nuevas posibilidades y expandir sus habilidades en el campo de la robótica y la programación.

En resumen, los resultados de la investigación resaltan el impacto positivo de la Mulita en el desarrollo de competencias tecnológicas y el aprendizaje activo de los estudiantes. Además, subrayan la importancia del apoyo y la capacitación para maximizar su potencial en el ámbito educativo. La Mulita representa un punto de partida para progresar en una amplia gama de proyectos que requieren ingenio para desarrollar soluciones tecnológicas fundamentadas en los principios que encarna la Mulita.

Discusión

Durante la entrevista con el docente referente en la implementación de la Mulita en el nivel medio, se exploraron varios aspectos cruciales: (a) la utilidad de la Mulita como recurso que refuerza las estrategias didácticas en la enseñanza de la programación, (b) la percepción

general de su experiencia, (c) las estrategias de enseñanza y aprendizaje aplicadas para introducir a los alumnos en el tema e impulsar su creatividad, (d) las reacciones observadas y los resultados obtenidos por los alumnos durante la implementación y (e) el rol que juega la capacitación o acompañamiento en los resultados de estas prácticas.

Es importante resaltar el alcance percibido de la Mulita, la cual amplía el campo de acción debido a ser un robot programable con diversidad de lenguajes, lo que facilita el aprendizaje de programación en todos los niveles educativos.

Uno de los impedimentos notados para lograr el uso masivo de la Mulita se atribuye a la resistencia al cambio manifestada por los docentes, principalmente debido al desconocimiento general de la robótica y la programación. Sin embargo, este obstáculo, según las recomendaciones surgidas de la entrevista, podría superarse al compartir la experiencia de aquellos docentes que, a pesar de no dominar completamente estas tecnologías, se aventuran a integrarlas en sus clases, reconociendo sus limitaciones y animando a sus alumnos a asumir un papel protagónico, lo que les otorga mayor autonomía en su proceso de aprendizaje. El escaso involucramiento general de los docentes en la integración de estas tecnologías se atribuye a la falta de acompañamiento por parte de expertos en el tema. No obstante, la disponibilidad permanente y los canales de comunicación abierta que mantienen los creadores de la Mulita con los interesados demuestran el compromiso del equipo tecnológico con la capacitación y el acompañamiento necesarios para afrontar los desafíos en el trayecto de estas experiencias educativas. Aunque los tutoriales están disponibles en la plataforma virtual, algunos

docentes no participan activamente en el programa de capacitación, por lo que se recomienda intensificar la difusión de esta prestación.

Los resultados observados, en total consonancia con Maíz Guijarro y Carvalho (2021), sugieren que el uso de estas tecnologías proporciona beneficios no solo en el desarrollo cognitivo del alumnado, sino también en sus actitudes sociales, además de posibilitar el descubrimiento y desarrollo de nuevas vías de aprendizaje mediadas por el razonamiento y la cooperación.

Una recomendación que surge del estudio se centra en una necesidad identificada en las carreras universitarias, a partir de la participación de los estudiantes en programas que ofrecen servicios a la comunidad. En este sentido, los alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas podrían involucrarse en la enseñanza de la programación y en el apoyo a los docentes de tecnología que expresan interés en innovar en sus aulas, pero se ven limitados por sus conocimientos insuficientes o nulos de programación y robótica. Estudios como el de Sotellano Losada et al. (2019) indican que los alumnos que participan en proyectos de aprendizaje-servicio adquieren competencias cívico-sociales y relacionales que impactan no solo en su formación profesional, sino también en su vida personal. Por tanto, se subraya la necesidad de incluir actividades que promuevan el

desarrollo integral de los estudiantes y aborden las necesidades de la comunidad, fortaleciendo el vínculo simbiótico entre ellos.

En conclusión, esta experiencia ha sido rica en revelar tanto los obstáculos como las contribuciones significativas al aprendizaje y la didáctica. Es vital reconocer y abordar los impedimentos para la integración de estas tecnologías, al mismo tiempo que aprovechar plenamente los beneficios que ofrecen para mejorar la experiencia educativa de los estudiantes.

A modo de cierre, se ratifica lo expresado por el docente informante en términos de recomendación para quienes tienen la posibilidad de integrar estas tecnologías en las aulas.

Los docentes deben animarse a aprender con los chicos. Yo no nací sabiendo; incluso actualmente no soy programador. Descargamos una programación y comenzamos a probarla y modificarla hasta que el robot se comporte como lo deseamos y llegamos adonde estamos ahora porque empezamos a jugar con la Mulita.

El equipo de investigación expresa su sincero agradecimiento al profesor Lucas Aquino, no sólo por colaborar con la información suministrada, sino también por su compromiso y entrega a la noble tarea de educar a los adolescentes, en todo el vasto sentido de la palabra.

Referencias

- Ackermann, E. (2001). *Piaget's constructivism, Papert's constructionism: What's the difference?* <https://learning.media.mit.edu/content/publications/EA.Piaget%20%20Papert.pdf>
- Alsina, A. y Acosta Inchaustegui, Y. (2018). Iniciación al álgebra en educación infantil a través del pensamiento computacional: una experiencia sobre patrones con robots educativos programables. *UNIÓN: Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 14(52), 218-235. <https://union.fespm.es/index.php/UNION/article/view/350/182>
- Ángel-Díaz, C. M., Segredo, E., Arnay, R. y León, C. (2020). Simulador de robótica educativa para la promoción del pensamiento computacional. *RED: Revista de Educación a Distancia*, 20(63), Artículo 8. <https://doi.org/10.6018/red.410191>

- Ariza, C. P., Builes, S. E. y Rincones, G. J. (2020). Estrategias de transferencia del conocimiento en las universidades nacionales experimentales del estado Zulia, Venezuela. *Revista Espacios*, 41(48), 135-147. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n48/a20v41n48p10.pdf>
- Arrieta, M., Bravo, S., García, K., Mejías, J., Núñez, G., Ordóñez, B., Rodríguez, R., Rosillón, K., Tancredi, A., Toro, E., Urdaneta, E., Vargas, H. y Villarreal, J. L. (2019). Robótica educativa: un nuevo entorno interactivo y sostenible de aprendizaje en la educación básica. *Docentes 2.0*, 19(1), 51-64. <https://doi.org/10.37843/rtded.v7i1.26>
- Bardin, L. (2011). *Content analysis* (5a. ed.). Ed. 70.
- Cortés Osorio, J. A., Arbeláez Salazar, O. y Mendoza Vargas, J. A. (2009). El entorno LEGO Mindstorms en la introducción a la robótica y la programación. *Scientia et Technica*, 15(41), 42-45. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/2847>
- Dougherty, D. (2012) The maker movement. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 7(3), 11-14. https://doi.org/10.1162/INOV_a_00135
- Fleitas Triana, M. S. y Hernández Medina, L. A. (2019). La medición del impacto en las capacitaciones: una herramienta eficaz dentro de la empresa. *RECUS: Revista Electrónica Cooperación Universidad Sociedad*, 4(2), 24-32. <https://doi.org/10.33936/recus.v4i2.2025>
- García, J. M. y García Cabeza, S. (Comp.). (2020). *Las tecnologías en (y para) la educación*. FLACSO Uruguay.
- García-Romero, N. (2020). La robótica como recurso tecnológico para desarrollar habilidades blandas en los estudiantes de educación básica: revisión sistemática. *IE Comunicaciones: Revista Iberoamericana de Informática Educativa*, 32, 46-57. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7737560>
- García Sánchez, E. y Cardozo Brum, M. (2017). Evaluación de impacto: más allá de la experimentación. *Política y Cultura*, 47, 65-91. <https://doi.org/10.24275/LTAM6613>
- Gómez Bustamante, J. A. y Martínez Cogollo, A. L. (2018). Robótica educativa como propuesta de innovación pedagógica. *Gestión, Competitividad e Innovación*, 6(2), 1-12. <https://pca.edu.co/editorial/revistas/index.php/gci/article/view/41>
- Goncalves Cobrado, M. D. (2020). La robótica educativa como modelo educativo innovador. *Revista de Ciencia y Técnica*, 14(2), 1-12. <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/21347>
- Maíz Guijarro, M. J. y Carvalho, J. L. (2021). Robótica educativa en educación infantil: una revisión sistemática de la literatura en España (2015-2020). *Edutech Review*, 8(1), 15-35. <https://doi.org/10.37467/gka-revedutech.v8.2718>
- Mejía C., I. C., Salazar E., B. G., Zúñiga M., R. F. y Hurtado, J. A. (2022). Robótica educativa como herramienta para el desarrollo del pensamiento computacional. Una revisión de la literatura. *Revista Educación en Ingeniería*, 17(33), 68-78. <https://doi.org/10.26507/rei.v17n33.1216>
- Mendía Gallardo, R. (2012). El aprendizaje-servicio como una estrategia inclusiva para superar las barreras al aprendizaje y a la participación. *Revista de Educación Inclusiva*, 5(1), 71-82. <https://revistaeducacioninclusiva.es/index.php/REI/article/view/222>
- Mendoza-Hernández, L. E., Alarcón-Acosta, H. y Monroy-González, L. A. (2020). La robótica como recurso educativo para desarrollar las competencias del alumnado en el siglo XXI. *Uno Sapiens Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 1*, 3(5), 5-11. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa1/article/view/6075>
- Monsalves González, S. (2011). Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente. *Revista de Pedagogía*, 32(90), 81-117. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_ped/article/view/1397
- Nieto, M. G. (2016, 23 de septiembre). *La nueva tendencia tecnológica se llama "movimiento maker"*. Diario El País On-Line. https://elpais.com/tecnologia/2016/09/22/actualidad/1474560262_851948.html
- Nwosu, C. C. (2012). The role of Christian educational institutions in improving economic self-reliance. *Journal of Research on Christian Education*, 21(1), 24-45. <https://doi.org/10.1080/10656219.2012.661272>
- Orozco Francia, A. (2018). *El impacto de la capacitación*. Digital UNID.
- Papert, S. (1995). *La máquina de los niños: replantearse la educación en la era de los ordenadores*. Paidós Ibérica.
- Papert, S. y Harel, I. (2002). *Situar el construccionismo*. INCAE.
- Rodríguez-Izquierdo, R. M. (2020). Aprendizaje servicio y compromiso académico en educación superior. *Revista de Psicodidáctica*, 25(1), 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.psicod.2019.09.001>
- Romero Alonso, R., Montt Fabres, B., Pino Díaz, B., Riquelme Plaza, I. y Gracia Romero, M. E. (2020). Evaluar la transferencia de la formación en liderazgo directivo: un caso chileno. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22, Artículo e19. <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e19.2683>

ROBOT PROGRAMABLE EN LA ENSEÑANZA

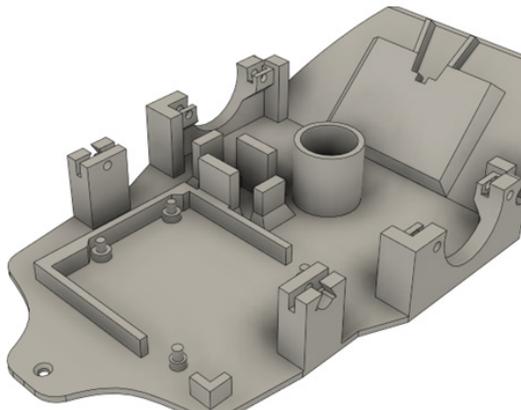
- Royero Vergara, J. E. y Pernet Benavides, A. M. (2020). Estado del arte del uso de la robótica y la programación en espacios educativos. *Gestión, Competitividad e Innovación*, 8(1), 66-75. <https://pca.edu.co/editorial/revistas/index.php/gci/article/view/90/86>
- Ruiz Velasco Sánchez, E. (2007). *Educatrónica: innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. Díaz de Santos.
- Sánchez Sánchez, T. (2019). La influencia de la motivación y la cooperación del alumnado de primaria con robótica educativa: un estudio de caso. *Panorama*, 13(25), 117-140. <https://doi.org/10.15765/pnm.v13i25.1132>
- Sánchez Sánchez, T., Serrano Sánchez, J. L. y Rojo Acosta, F. (2020). Influencia de la robótica educativa en la motivación y el trabajo cooperativo en Educación Primaria: un estudio de caso. *Innoeduca*, 6(2), 141–152. <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2020.v6i2.6779>
- Sotelino Losada, A., Santos Rego, M. A. y García Álvarez, J. (2019). El aprendizaje-servicio como vía para el desarrollo de competencias interculturales en la Universidad. *Educatio Siglo XXI*, 37(1), 73-90. <https://doi.org/10.6018/educatio.363391>
- Suárez Zapata, A., García Costa, D., Martínez Delgado, P. A. y Martos Torres, J. (2018). Contribución de la robótica educativa en la adquisición de conocimientos de matemáticas en la educación primaria. *Magister*, 30(1/2), 43-54. <https://doi.org/10.17811/msg.30.1.2018.43-54>
- Vilanova, G. E. (2018). Tecnología educativa para el desarrollo del pensamiento computacional. *Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática*, 15(3), 25-32. <https://www.iiisci.org/Journal/riSCI/FullText.asp?var=&id=CA074QW17>
- Villacrés-Sampedro, J. E., Sampedro-Redrobán, M. C. y Andrade-Álvarez, C. E. (2020). Robótica educativa aplicada a la comprensión de la lógica proposicional. *Polo del Conocimiento*, 5(2), 200-225. <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1261/2234>
- Yin, R. K. (2005). *Estudio de caso: planeamiento e métodos* (3ª ed.). Bookman.
- Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: una nueva alfabetización digital. *RED: Revista de Educación a Distancia*, 46(4), Artículo 4. <https://doi.org/10.6018/red/46/4>



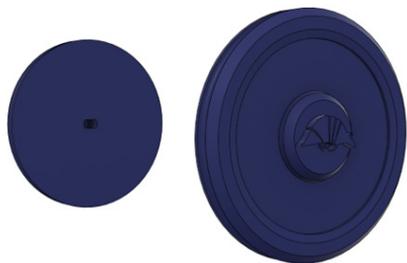
Recibido: 6 de noviembre de 2023
Revisado: 28 de noviembre de 2023
Aceptado: 27 de enero de 2024

ANEXO 1

ESTRUCTURA DEL ROBOT MULITA



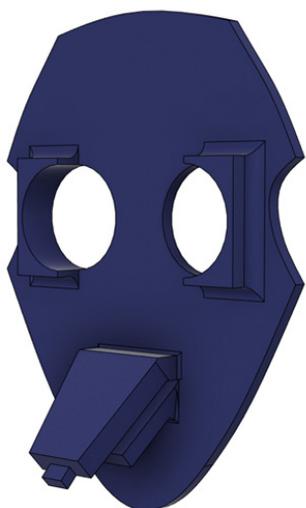
Modelo 3D del chasis



Modelo 3D de las ruedas



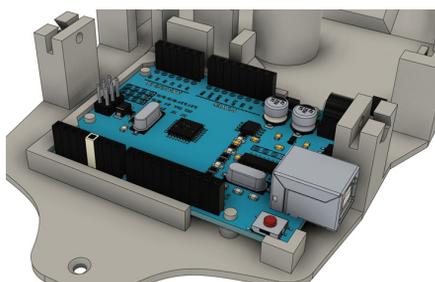
Modelo 3D del porta bolita



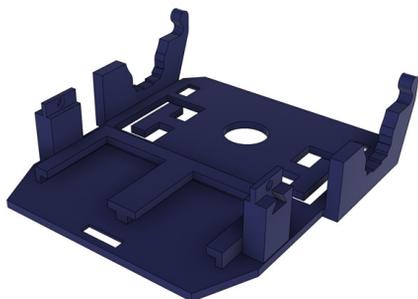
Modelo 3D de la cara



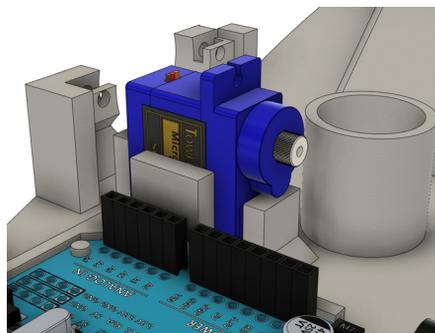
Modelo 3D del caparazón



Ubicación de la placa controladora

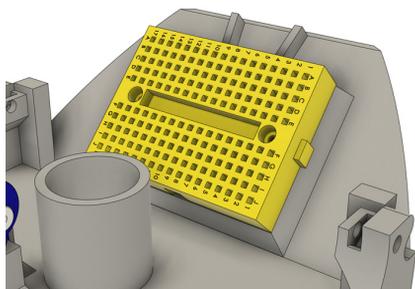


Modelo 3D del piso superior

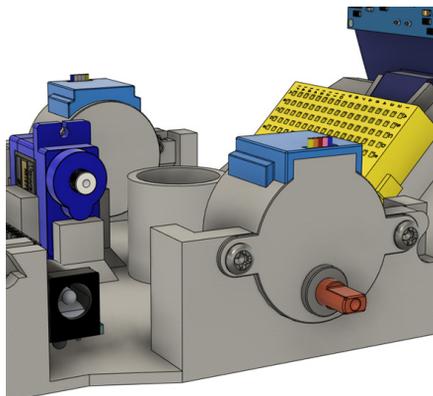


Ubicación del servo motor

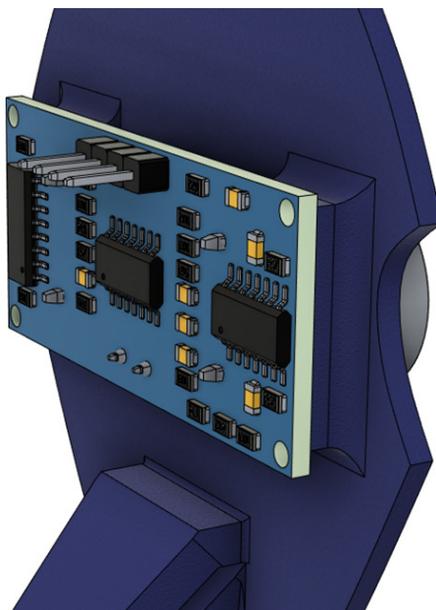
ROBOT PROGRAMABLE EN LA ENSEÑANZA



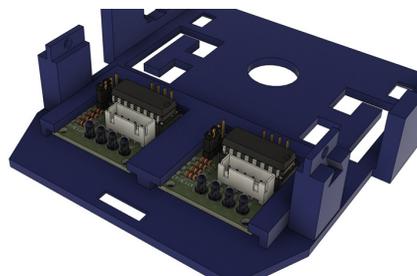
Ubicación de la mini protoboard



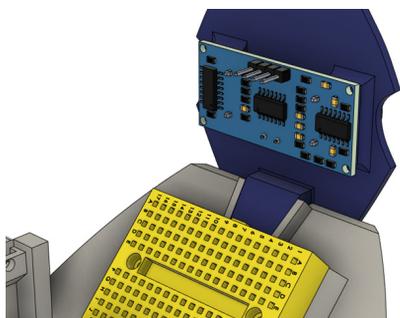
Ubicación de los motores paso a paso



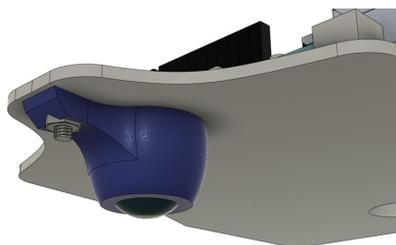
Ubicación del sensor ultrasónico



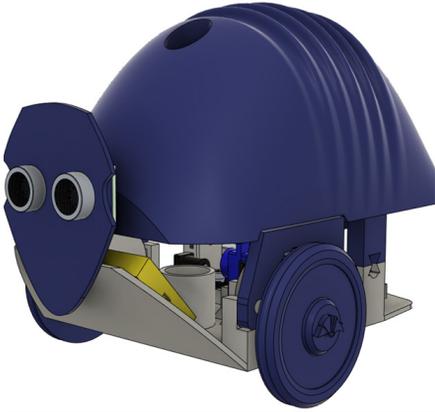
Ubicación de los drivers de los motores paso a paso



Encastre entre cara y chasis



Ubicación del porta bolita



Modelo 3D de la Mulita



Fotografía del robot Mulita