

# ARFOR v1.0: SOFTWARE PARA LA ENSEÑANZA DE ROBÓTICA LEGO® MINDSTORMS®, UTILIZANDO REALIDAD AUMENTADA

Helguero Velásquez, Hernán Luis<sup>1</sup> and Budán, Paola Daniela<sup>2</sup>[[orcid: 0000-0002-7688-6181](https://orcid.org/0000-0002-7688-6181)]

<sup>1</sup> Facultad Nacional de Ingeniería, Universidad Técnica de Oruro, Oruro, Bolivia  
[hernan.helguero@sistemas.edu.bo](mailto:hernan.helguero@sistemas.edu.bo)

<sup>2</sup> Universidad Santiago del Estero, Argentina  
[pbudan@unse.edu.ar](mailto:pbudan@unse.edu.ar)

**Resumen.** Actualmente, el uso de la robótica se ha vuelto importante a consecuencia del avance y el incremento del alcance de la tecnología disponible, motivando su aprendizaje desde la edad escolar. En Bolivia se trabaja para introducir la robótica como una asignatura más en los colegios desde temprana edad. En este contexto, la tecnología *Legó® Mindstorms®* permite a los estudiantes introducirse en este dominio a través del manejo de sus kits educativos. Sin embargo, el costo de estos sets es un problema para las instituciones que deciden utilizarlos, y aún cuando un kit sea utilizado por 2 o 3 estudiantes, se debe contar con varios juegos en simultáneo para satisfacer las necesidades educativas. Por otro lado, existen simuladores para el aprendizaje de robótica con legos, pero los gratuitos son muy limitados y los pagos son costosos dado que mayormente deben adquirirse licencias por usuario o por instalador. En este trabajo se presenta una propuesta de desarrollo de un Software para la enseñanza de Robótica Legó, *ARFOR v1.0*, utilizando realidad aumentada, que favorezca la dinámica del aprendizaje y que fundamentalmente, esté al alcance de cualquier usuario que cuente con un dispositivo Android. *ARFOR v1.0* constituye una herramienta para el profesor de informática, ya que le permite operar con un recurso para motivar el pensamiento computacional, a la vez que le posibilita al alumno realizar experimentaciones de robótica con escasos recursos.

**Palabras Claves:** *Robótica, Legó® Mindstorms®, Realidad Aumentada, herramienta de enseñanza.*

## 1 Introducción

El auge de las nuevas tecnologías, especialmente de la robótica se expande por todo tipo de ramas y de mercados, desde robótica industrial o de servicios a juegos y educación [2]. En estos últimos tiempos, la robótica ha pasado de ser algo inalcanzable, a ser algo que se encuentra al alcance de todos. Es por tal razón que existen competencias para diferentes niveles de educación como son la *World Robotic Olympiad (WRO)* y la *First Lego League (FLL)*, que proponen diferentes retos de acuerdo con la edad y se

relacionan a una temática social, cuya finalidad es que todos los estudiantes tomen contacto con esta área tecnológica y apliquen la robótica como parte de la solución a esa problemática.

Las instituciones educativas deben atender esta realidad, incluyendo la enseñanza de la robótica en su currícula o de manera extracurricular, destinando estrategias de enseñanza-aprendizaje sobre el tópico a estudiantes entre los 10 a 15 años. Esto implica aproximadamente a 6 cursos por institución educativa haciendo uso de los kits de robótica. En Bolivia, esto se traduce en un costo enorme de acceso al set, incluso si se trabajan en grupos de 3 estudiantes. Podría pensarse como opción que cada estudiante adquiera el kit, pero se encuentra el tema de los desgastes de los componentes, y los recursos económicos que se requieren para su mantenimiento.

Con respecto a los recursos existentes para el aprendizaje de la robótica, como los manuales para el uso del kit, existen tutoriales, páginas web, videos en YouTube entre otros, pero en su mayoría son extensos o de nivel intermedio o complejo para su entendimiento. Se trata de recursos que por lo general no tienen en cuenta factores como la falta de interés de un niño de 10 años por la lectura, que a los estudiantes de esas edades se les debe enseñar con paciencia y motivación no solo para que aprendan los diferentes temas, sino fundamentalmente para que se interesen en seguir adquiriendo habilidades al respecto. Así, es necesario contar con una herramienta de software que tenga en cuenta todos los aspectos mencionados.

En este trabajo se presenta el desarrollo de un software para la enseñanza de la robótica Lego llamado ARFOR v1.0<sup>1</sup>, que busca lograr la motivación del alumno a través de la Realidad Aumentada (RA). ARFOR v1.0 es el primer prototipo de un software desarrollado siguiendo la Metodología MeISE [1, 13, 12, 5].

Este trabajo se estructura de la siguiente manera: en primer lugar, se presentan algunos trabajos relacionados al tema, luego nos referiremos al método seguido para realizar el prototipo y al delineado breve de algunos conceptos técnicos; seguidamente se presentan las principales características de ARFOR v1.0. Luego, presentamos el desarrollo del prototipo y, posteriormente, mencionamos resultados de la implementación. Finalmente se detallan conclusiones y trabajo futuro.

## 2 TRABAJO RELACIONADO

*Lego® Mindstorms®* es una herramienta para que los estudiantes de 10 a 15 años se introduzcan en el mundo de la robótica y la programación, aprendiendo conceptos teóricos sobre los componentes del robot, por ejemplo, cómo son y cómo funcionan los sensores<sup>2</sup>. Existen trabajos relacionados a nuestra propuesta, por ejemplo, en [11] se presenta un trabajo que tiene como finalidad *determinar la influencia en el proceso de enseñanza – aprendizaje de utilizar Realidad Aumentada y Robótica Educativa con alumnos del sexto grado de educación primaria*. Los autores presentan una guía didáctica orientada a permitir a la comunidad educativa descubrir otras formas de fortalecer

---

<sup>1</sup> Augmented Reality for Operative Robotic

<sup>2</sup>education.lego.com/

el proceso enseñanza-aprendizaje, y una diversidad de habilidades para realizar actividades que ayudan al docente y estudiante encontrar diferentes alternativas de aprendizaje. Tanto el trabajo presentado en [11] como el nuestro persiguen el objetivo de incorporar nuevas herramientas en el proceso enseñanza-aprendizaje de manera que los estudiantes mejoren su nivel de satisfacción utilizando la RA en complementación con la robótica. Otro trabajo es [3] donde se describe la situación de las escuelas de Turquía en lo que respecta a la enseñanza de la Robótica, destacando que no hay un curso afín en el plan de estudios de la escuela primaria, esto más el hecho que las instalaciones de las instituciones educativas son limitadas y los maestros de escuela primaria no tienen la formación necesaria en robótica, hace que solamente se pueda acceder a estos contenidos a través de cursos de programación en escuelas privadas. Por ello, los autores diseñan un robot simple, afirmando que, para aumentar el interés de los niños en Turquía por la robótica, y mejorar su creatividad y motivación, se necesitan estos recursos. Este trabajo al igual que el nuestro, permite ser una alternativa para aquellos que llevan la materia extracurricular y quieren aprender robótica de manera gratuita, utilizando la herramienta realizada. Por otro lado, el trabajo presentado en [4], persigue el objetivo de elaborar una propuesta innovadora en relación con el potencial educativo de la robótica y la realidad aumentada desde un planteamiento realista y significativo, diseñado para el tercer curso del segundo ciclo de Educación Infantil. Del mismo modo que ARFOR v1.0 se promueven ambientes de aprendizaje interactivos con el uso de la RA. También en [9] se presenta un trabajo que tiene como objetivo ayudar a profesores de educación preescolar a fortalecer la educación en niños mediante el uso de un videojuego en temas de la Guía Didáctica de Educación Pública de Costa Rica. Se diseña un robot y se desarrolla una aplicación en realidad aumentada para interactuar con un robot físico y con un robot virtual. Los primeros resultados demuestran que se pueden desarrollar videojuegos funcionales empleando estas tecnologías y siguiendo la Guía Didáctica de Educación de Preescolar. De la misma manera que el presente trabajo, se interactúa con la robótica mediante realidad virtual, sin necesidad de contar con el kit en físico, redundando en beneficio de alumnos en edad escolar. Finalmente, el trabajo [14] tiene como objetivo analizar la percepción y opinión de docentes, familias y estudiantes de un colegio del País Vasco sobre la robótica educativa, la programación y las habilidades digitales relacionadas en la etapa de Educación Primaria. Junto a la propuesta, integran el uso de las TIC en la educación, como herramienta que permite al estudiante prepararse ante los nuevos retos tecnológicos.

Y, como puede apreciarse, la mayoría de los proyectos están destinados a niños con edades preescolares o del nivel primario, en donde se distingue un impacto de los recursos didácticos basados en tecnología sobre la formación del alumno. Se considera un desafío lograr una aplicación que motive a adolescentes de entre 10 y 15 años, no solo por el nivel didáctico que exige sino también por las destrezas que estos usuarios ya tienen incorporadas. Por otro lado, es importante recordar que en Bolivia acceder a aplicaciones que funcionen en modalidad online es monetariamente costoso, de allí el interés de generar una herramienta gratuita.

### 3 MARCO METODOLÓGICO Y CONCEPTUAL

ARFOR v1.0 es un software con fines educativos, que persigue el objetivo final de constituirse en una herramienta que motive el desarrollo del pensamiento computacional en el alumno. Es por ello por lo que para su desarrollo se debe seguir un proceso metodológico que no solamente abarque los detalles técnicos de requisitos y diseño del sistema, sino que también se enfoque en aspectos pedagógicos. Así, se elige la Metodología MeISE<sup>3</sup> [1, 13, 12, 5, 7] basada en un modelo iterativo de desarrollo, pero que divide el proceso en dos fases bien definidas: la primera, en la que se define el contenido del producto, el modelo didáctico a utilizar y la estructura de comunicación, y la segunda fase destinada al desarrollo del diseño computacional. Para el desarrollo de ARFOR v1 se siguieron las siguientes etapas:

- *Fase Conceptual*. Identificar la necesidad, el problema, los objetivos de la investigación. Las principales actividades por llevar a cabo en esta fase son:
  - o Identificar las necesidades educativas.
  - o Revisar las alternativas de solución.
  - o Identificar la funcionalidad del SE.
  - o Elaborar el estudio de riesgos.
  - o Elaborar el plan inicial de desarrollo.
  - o Establecer los criterios de calidad del SE.
- *Análisis y Diseño Inicial*. Generar los recursos necesarios para implementar el SE como estrategia educativa. Las principales actividades por llevar a cabo son:
  - o Identificar requisitos.
  - o Establecer la arquitectura inicial del SE.
  - o Elaborar el diseño educativo.
  - o Elaborar el diseño comunicacional del SE.
- *Plan de Iteraciones*. Diseñar las iteraciones a realizar. Las principales actividades por llevar a cabo son:
  - o Diseñar las iteraciones.
  - o Priorizar las iteraciones, de ser necesario.
- *Diseño Computacional*. Realizar el modelo de diseño del SE, diseñar las pantallas, la navegación. Las principales actividades por llevar a cabo son:
  - o Diseñar cada iteración.
  - o Refinar el diseño de navegación, de ser necesario.
  - o Elaborar el diseño computacional.
  - o Refinar prototipo de interfaz.
- *Desarrollo*. Desarrollar los componentes, y realizar pruebas de integración. Las principales actividades por llevar a cabo son:
  - o Desarrollar componentes.
  - o Probar los componentes.
  - o Integrar los componentes.
- *Despliegue*. Obtención del Producto Final, aceptación del usuario, pruebas de calidad. Las principales actividades por llevar a cabo son:
  - o Entregar el producto al usuario.

---

<sup>3</sup> Empleada en el módulo “Desarrollo de Software Educativo”, Especialización en Informática Educativa

- Evaluar la calidad del producto y la satisfacción del usuario.
- Establecer la posibilidad de ampliar el desarrollo.

Como resultado del primer prototipo, podemos decir que los pasos indicados en MeISE ayudaron a agilizar la tarea de obtención de ARFOR v1.0.

Desde el *punto de vista técnico*, se resaltan a continuación algunas consideraciones básicas sobre el kit robótico *Legó® Mindstorms®* que tendremos en cuenta para el desarrollo de ARFOR v1.0.:

- Es un kit educativo para entrenar habilidades STEM<sup>4</sup> [10], que entiende que la robótica comprende el estudio de tres ramas como la mecánica, la electrónica y la programación. Esto se puede evidenciar en el *Legó® Mindstorms® NXT* mientras ocurre el ensamble del robot, con el uso de sensores y servomotores y la programación de estos [8].
  - El kit consta de elementos básicos: el *cerebro* del robot, los *actuadores* y los *sensores*. El *cerebro* del robot o ladrillo inteligente básicamente es un microprocesador, que cuenta con puertos de entrada (tres) y puertos de salida (cuatro), también posee una memoria para almacenar los programas, y puede comunicarse con el computador mediante un puerto USB. Se puede controlar mediante un dispositivo con Android utilizando la interfaz Bluetooth. Los *actuadores* o *motores* son los encargados de realizar alguna acción, la cual depende del armado del robot y disposición de los actuadores. En algunos casos pueden utilizarse como motores que permiten trasladarse de un punto a otro (robot en forma de auto) o manipular objetos (robot en forma de brazo o garra). Los *sensores* son los que recogen la información y datos del entorno, es decir, son los que envían la entrada al cerebro del robot, se procesa y se observa la respuesta y resultados mediante los actuadores. En el kit de Legó Mindstorms en su versión 1 y 2, los sensores con los que actualmente viene son: sensor de Tacto, de Luz, de Sonido, y Sensor Ultrasónico.

Por último, nos referiremos a la *Realidad Aumentada* (RA), como el término que define una visión directa o indirecta de un medio físico del mundo, al combinarlo con elementos virtuales para dar origen a un ambiente mixto en tiempo real, al que además se le puede incluir modelos gráficos en 2D y 3D según la perspectiva de visión; logrando mantener la realidad superpuesta con información virtual. La RA es una visión directa de un mundo real interactuando con un entorno físico, cuyos elementos al combinarse dan lugar a lo que se denomina una realidad mixta [11]. Los dispositivos que se utilizan para mostrar aplicaciones con RA son aquellos que cuentan con sistema operativo Android. Pero para ello, debe existir una compatibilidad con ARCore<sup>5</sup>. ARCore se trata de la plataforma de RA de Google presentada por la compañía en 2018. En móviles Android, esta plataforma se integra en forma de aplicación, una aplicación que surte de todas las librerías gráficas necesarias para el correcto funcionamiento del resto de aplicaciones que hagan uso de RA.

---

<sup>4</sup> Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas

<sup>5</sup> [developers.google.com/ar](https://developers.google.com/ar)

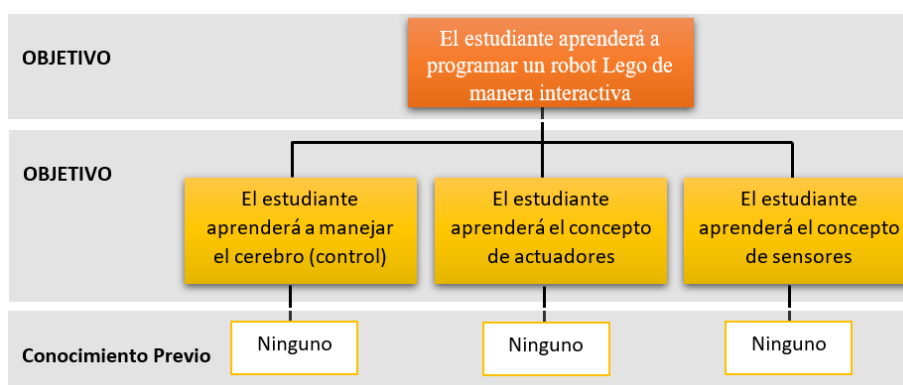
#### 4 CARACTERÍSTICAS DEL SOFTWARE

Se detallan a continuación las características de ARFOR v1.0, mostrando primeramente los aspectos pedagógicos, seguido de las características computacionales que cumple.

Los principales componentes y aspectos pedagógicos de ARFOR v1.0 son:

- *Temáticas que aborda:* Programación, Robótica, Educación.
- *Objetivo:* Crear escenarios en el aula, para un aprendizaje didáctico en la enseñanza de la robótica.
- *Conocimientos previos que requiere:* ninguno.
- *Modelo educativo que utiliza:* Constructivista y Colaborativo.
- *Elementos de motivación:* Interacción Dinámica con el robot.
- *Formas de Evaluación:* Resolución de problemas y retos.
- *Idea de funcionamiento general:* el estudiante elige un modo de uso, luego apunta la cámara del celular hacia un lugar donde desee mostrar el componente elegido, y se visualizará ese componente en RA, junto a 2 opciones: concepto y ejemplo. Además, podrá manipular el componente.

Al ser un software con fines educativos, es muy importante el *Modelo Instruccional* que seguirá ARFOR v1.0, y que se detalla en la figura 1.



**Fig.1.** Modelo Instruccional de ARFOR v1.0

En cuanto a los requerimientos del software, los *requerimientos funcionales* que debe cumplir ARFOR v1.0 son:

- El software debe permitir mostrar y explicar los elementos que componen el robot: sensores, actuadores, controlador, piezas de ensamblado.
- Permitirá mostrar las partes del robot, al enfocar en alguna parte del entorno o medio.
- De cada elemento del robot (sensor, motor, cerebro), se debe explicar los conceptos básicos necesarios para poder comprender el funcionamiento.
- Debe permitir simular movimientos del robot, con alguno de los ejemplos propuestos.
- Debe permitir elegir un diseño predeterminado del robot.
- El software debería detallar la forma de uso o programación de algún componente, incluyendo algunos ejemplos básicos.

Entre los *requerimientos no funcionales*, se destacan:

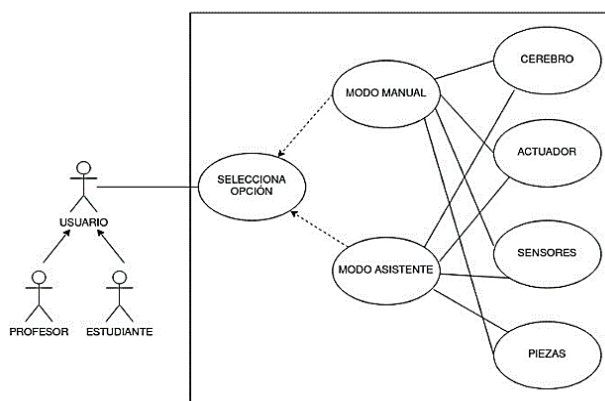
- La interacción del usuario con el software debe ser sencilla y de fácil manejo.
- El sistema debe contar con manuales de usuario estructurados adecuadamente.
- Debe proporcionar mensajes de error que sean informativos y orientados al usuario final.
- Debe contar con un módulo de ayuda.
- Debe poseer interfaces gráficas bien formadas, de buena calidad.
- Será desarrollado para dispositivo Android, y podrá accederse desde un dispositivo móvil como Celular o Tablet.

El diseño de ARFOR v1.0 está basado en las siguientes aristas:

- *Arista Educativa*: Análisis de la Necesidad Educativa, Elaboración de Contenidos, Diseño de Aprendizaje.
- *Arista Multimedial*: Desarrollo de Recursos Multimedia, Diseño del Ambiente o entorno (Interfaces y Mapa de Navegación).
- *Arista Computacional*: Análisis de Requerimientos, Diseño de Diagramas (Casos de Uso, Clases, Secuencias), Modelado de la BdD.
- *Arista de Producción*: Codificación, Diseño de Prototipos, Evaluación del Prototipo.
- *Arista de Aplicación*: Uso del SE y Resultados.

Cabe destacar que considerando estos requerimientos en su conjunto, se espera que ARFOR v1.0 cumpla principalmente el rol de ayudar al alumno en el desarrollo del pensamiento computacional.

Considerando estas aristas, la idea de *funcionamiento general* de ARFOR v1.0 es la siguiente: el estudiante elige una opción → apunta la cámara del celular hacia un lugar donde desee mostrar el componente elegido → visualiza el componente en RA, junto a 2 opciones: concepto y ejemplo. Y de esa manera interactúa con la aplicación para incorporar el pensamiento computacional a través de la robótica. En cuanto a los *roles* y *perfiles de usuario*, ARFOR v1.0 solamente contempla dos usuarios: el estudiante y el profesor que actúa como guía del aprendizaje. En cuanto a la funcionalidad general del SE, esta se expresa con el diagrama de Caso de Uso que se observa en la figura 2.



**Fig. 2.** Funcionalidades de ARFOR v1.0

## 5 Desarrollo del Prototipo

Para desarrollar ARFOR v.1.0, se conforma un *equipo de trabajo*, constituido por un Desarrollador del software educativo (DSE), un Experto en Robótica (ER) y un Experto en el ámbito Educativo (EE). El DSE se encarga de realizar el análisis y diseño del SE. Es decir, se encarga de recopilar los requerimientos del SE, y de todos los pasos intermedios hasta el prototipo. El ER es el encargado de armar, diseñar y revisar los elementos de los que consta el robot, verifica si exactamente el prototipado cumple o no cumple con los conceptos de los componentes y si los ejemplos se usan en forma correcta. El EE es el responsable de la interacción entre el usuario (estudiante) y el SE, para verificar si es efectiva como herramienta de aprendizaje.

En cuanto a la *arquitectura de software educativo*, representa un ambiente que permite establecer un sistema tanto para el proceso de enseñanza como el de aprendizaje de los alumnos, diseñado para apoyar los procesos educativos [6].

Es una arquitectura basada en la propuesta por Jiménez et al. [6], con algunas modificaciones para el desarrollo de ARFOR v1.0.

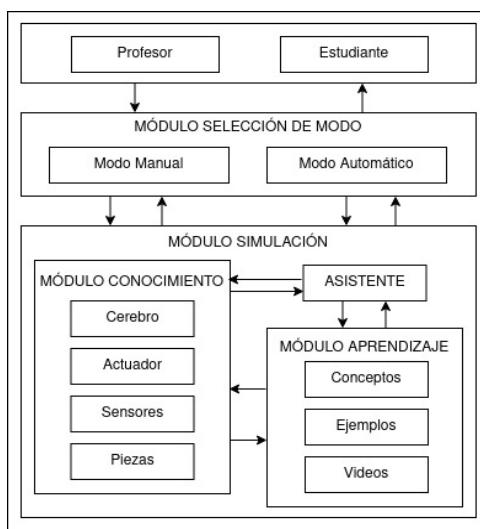


Fig. 3. Arquitectura de Software Educativo propuesta

Los usuarios del sistema son:

- El Profesor quien es el guía del aprendizaje, indica cómo se debe utilizar la herramienta.
- El Estudiante es quien administra la información y forma sus conocimientos utilizando la herramienta.

Según la figura 3, los módulos con los que se cuenta son:

- **MÓDULO SELECCIÓN DE MODO:** en esta parte el usuario elige el tipo de modo con el cual utilizará el sistema: el *modo Manual* donde el usuario elige



- e interactúa con los componentes, y el *modo Automático* donde aparece un asistente que interacciona con el usuario y lo guía en el proceso de aprendizaje.
- ASISTENTE: es un agente que ayuda al usuario, funciona con comandos de voz, muestra los objetos de aprendizaje de una manera más interactiva que en el modo manual.
  - MÓDULO SIMULACIÓN: contiene los recursos multimedia, como el diseño de las partes del robot en 3D, las animaciones y el sonido.
  - MÓDULO CONOCIMIENTO, se encarga de especificar los elementos genéricos del SE, se elegirá un tema: Cerebro, Actuadores, Sensores y Piezas, y aparecerá la parte seleccionada del robot el cual podrá manipularse en los ejes respectivos. Se contará con dos modos, un modo manual donde el usuario manipula los objetos, y un modo automático, que consiste en activar un asistente que funciona con comandos de voz.
  - MÓDULO APRENDIZAJE, se proporciona la simulación en tiempo real la variedad de elementos de objetos y personajes, funciona bajo el modo automático, con la ayuda del asistente. Cuando elegimos un componente, este aparece y una voz nos indica el nombre y concepto necesario. Además, se puede acceder a un video tutorial corto, que muestra la forma de programación en bloques del elemento seleccionado.

En lo que respecta al diseño educativo, se propone una herramienta apoyada en un modelo de aprendizaje constructivista, donde el estudiante forma su conocimiento utilizando el simulador, interactuando con los temas y ejemplos que se tiene. La implementación del simulador ARFOR v1.0 con las características técnicas ya mencionadas, implica la creación de un ambiente más interactivo y dinámico para el desarrollo del pensamiento computacional, basado en ejemplos. Luego de utilizar la aplicación, el estudiante puede demostrar sus habilidades de aprendizaje, resolviendo un determinado reto o problema.

Una vez realizado el análisis de requerimientos y funcionalidades, se obtiene el *prototipo*, con el resultado que se detalla en la figura 4. Podemos distinguir las siguientes pantallas en este prototipo:

- *Pantalla principal de la aplicación* que aparece una vez iniciada la aplicación en el celular. El modo manual es la caja con un fondo verde, y el asistente aparece cuando seleccionamos el robot que aparece por el lado izquierdo de la pantalla. Permite realizar rotación y traslación de un objeto de un punto a otro, de manera que se pueda observar en el espacio.
- En la *pantalla del modo manual* aparece el menú de los componentes del robot. Luego, una *pantalla muestra el componente seleccionado* en el modo manual, donde podemos manipular el objeto en los ejes: X, Y, Z.
- La *pantalla modo Asistente*, que activa un asistente que funciona mediante comandos de voz con la finalidad de ayudar a los usuarios. El asistente que ayuda a explorar las funcionalidades de la aplicación. A partir de esta pantalla se incorpora un botón con forma de nube, que permite acceder a una carpeta en la nube (drive) donde se encuentran videos tutoriales.
- *Pantalla que muestra el objeto con la ayuda del asistente*. Muestra el objeto seleccionado girando 360 grados, y el asistente indica el nombre del componente y su funcionalidad. Por ejemplo, se da la orden “*sensor luz*” y aparece

el objeto rotando y también se activa la voz del asistente que explica los conceptos del objeto. Y al elegir el botón en forma de nube, nos direcciona al video tutorial del componente seleccionado.

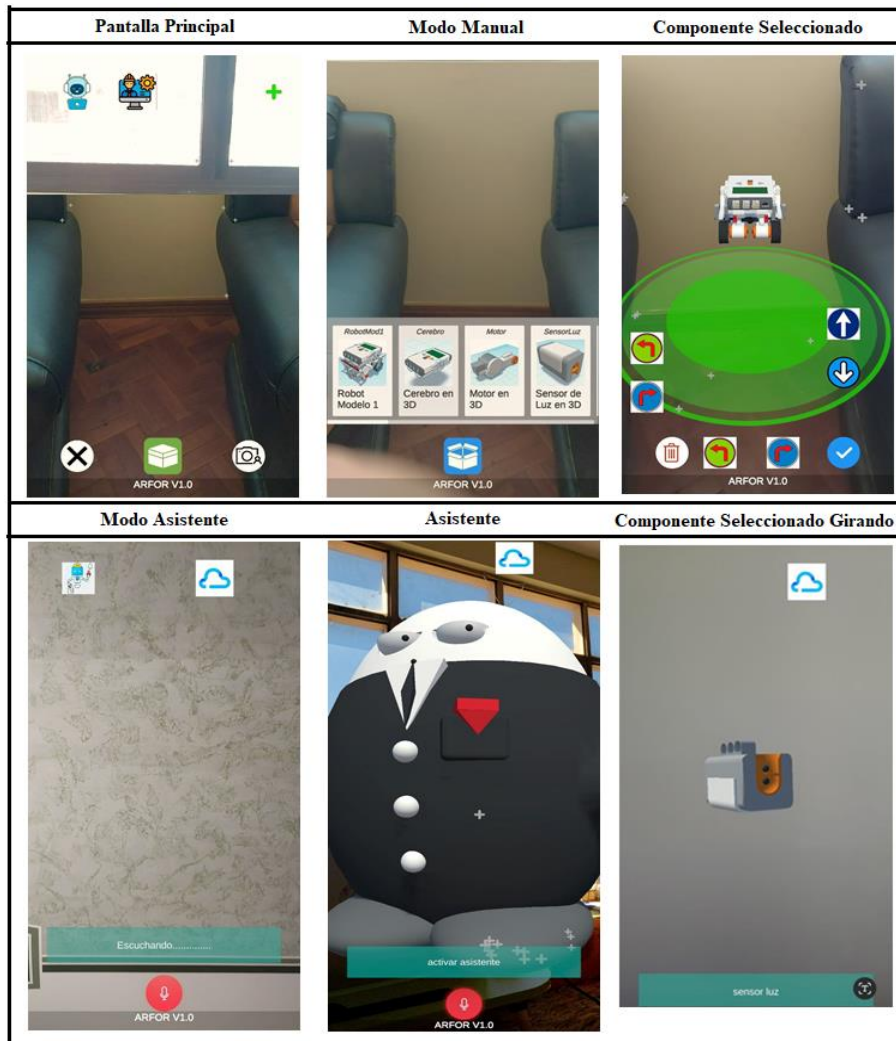


Fig. 4. Pantallas de ARFOR v1.0

Los elementos y partes del robot fueron diseñados en Tinkercad<sup>6</sup>, lo más semejantes a los dispositivos en físico, de tal manera que no pierdan su esencia, pero siempre cuidando los derechos de autor. Los objetos de ARFOR v1.0 fueron desarrollados con UNITY<sup>7</sup>, que tiene la capacidad de referenciar los objetos o componentes desde el mismo UNITY y utilizarlos como objetos en el código. Es decir, Tinkercad permite la reutilización de los modelos 3D diseñados en diferentes partes del proyecto, sin ser copias repetidas, pero sí mejorando el mejor uso de la memoria del dispositivo. La figura 5 es un fragmento de código que crea el objeto *cerebro*.

```

0 referencias
public void OnCerebro()
{
    if (isAsistenteActivate)
    {
        DeleteModel3D();
        obCerebro = Instantiate(ObjectCerebro);
        obCerebro.SetActive(false);

        Vector3 newPosition = Camera.main.transform.position + Camera.main.transform.forward * 1;
        obCerebro.transform.position = newPosition;

        //Escala el objeto
        obCerebro.transform.localScale = new Vector3(3f, 3f, 3f);

        obCerebro.SetActive(true);

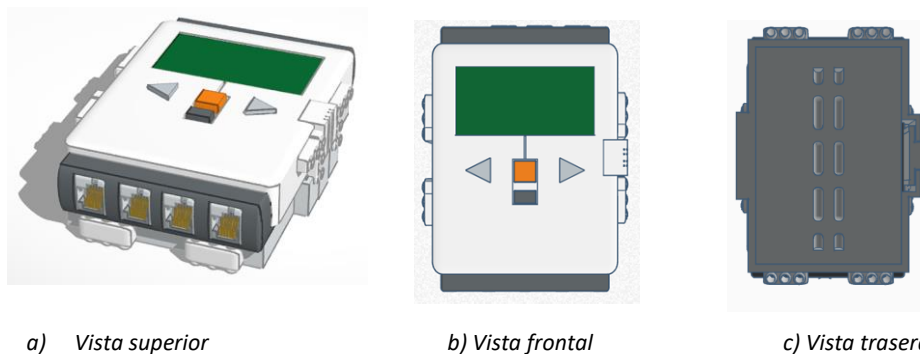
        isAsistenteActivate = false;
    }
}

```

**Fig. 5.** Fragmento de código representativo de ARFOR v1.0

En ese código de ejemplo se verifica si se ha llamado al asistente para que se pueda visualizar el objeto y si es así se eliminan con un método todos los objetos anteriores existentes, luego se instancia el objeto en la realidad y se activa, es decir se crea el objeto en la RA, a una cierta distancia del celular.

En la figura 6, se puede apreciar el objeto cerebro creado desde diferentes ángulos.



**Fig. 6.** Diseño del cerebro del robot

<sup>6</sup> <https://www.tinkercad.com/>

<sup>7</sup> <https://unity.com/>

## 6 RESULTADOS

ARFOR v1.0 se utilizó en un grupo de niños en un colegio de Oruro - Bolivia, cuyas edades fueron entre los 12 a 13 años. Se realizó una prueba, de tipo experimental, en la que se probó la funcionalidad del software y su usabilidad. Se obtuvieron buenos resultados en su primer funcionamiento, y retroalimentación para corregir algunos detalles del software, pero se trató de una evaluación no estructurada, informal, artesanal. Si bien se pudo experimentar que los alumnos se sintieron motivados, resta realizar una evaluación sistematizada. Por ejemplo, la figura 7 refleja una comparación de los componentes, utilizando ARFOR v1.0 y manejando el set en físico. En el lado izquierdo de la figura se observa cómo se puede acomodar el objeto y visualizarlo desde el celular, y en el lado derecho de la figura, se muestran los sensores de luz y sonido, que son manipulados por los estudiantes. que fue el disparador en la experiencia que se realizó finalizando el ciclo lectivo 2022.

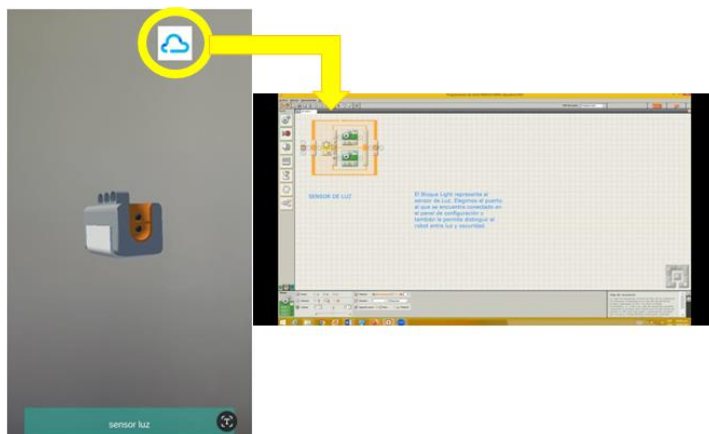


**Fig. 7.** Manipulación de los componentes: con ARFOR v1.0 y en físico

Según la comparación realizada, ARFOR v1.0 representa de manera correcta los componentes del robot y posibilita al usuario interactuar con los mismos.

En cuanto al aprendizaje de los contenidos, el estudiante al utilizar ARFOR v1.0 puede aprender los conceptos de los componentes y a programarlos (se utiliza el lenguaje de bloques propio del Lego), usando recursos al tipo del que se ilustra en la figura 8 que es un video tutorial del componente seleccionado.

Para que el SE se vuelva más liviano en cuanto al consumo de recursos, se incorpora un botón con imagen de nube a partir del modo asistente, que permite enlazarnos a la nube, donde se encuentran alojados videos tutoriales sobre programación básica del manejo de sensores. Estos videos fueron elaborados con una duración no mayor a 3 minutos, mostrando lo esencial, de tal manera que no aburran a los estudiantes, y así puedan aprender a programar el kit en físico. Se espera que con todo lo incorporado, se pueda aportar en el aprendizaje de robótica en los estudiantes de colegio, sin la necesidad de contar con el kit en físico.



**Fig. 8.** Video tutorial de como programar el sensor de luz

Actualmente, se está preparando un formulario de evaluación, donde se puedan medir más específicamente la funcionalidad y usabilidad del software. Específicamente, el formulario sobre la *usabilidad* contendrá los siguientes aspectos a ser valorados en una escala del 1 al 5:

- Sobre la *estructura de la aplicación*:
  - Facilidad de instalación de la aplicación.
  - Adecuada distribución de los botones.
  - Fácil acceso a los componentes.
  - Adecuado tamaño de los bloques.
  - Apropiada cantidad de botones y componentes.
- Sobre la *información que la aplicación brinda al usuario*:
  - Acceso a la opción de ayuda fácil de localizar.
  - Acceso al manual de usuario visible en la aplicación.
  - Tutoriales de soporte útiles.
- Sobre la *accesibilidad*:
  - Facilidad para navegar en la aplicación.
  - Legibilidad de las letras empleadas.
  - Correcto ancho de los componentes.
  - Sobre si se pudo visualizar la aplicación sin necesidad de tener que descargar e instalar software adicional.
  - Funcionamiento en el dispositivo móvil sin problemas.
- Sobre los *elementos multimedia*:
  - Metáforas/comparaciones visuales reconocibles y comprensibles.
  - Valor añadido proporcionado por el uso de imágenes, animaciones o avatares.
  - Adecuado recorte en las imágenes de los componentes.
  - Imágenes con buena resolución.

El formulario sobre la evaluación de la *funcionalidad* del software se centrará en qué tanto el alumno:

- Usaría la aplicación
- Encuentra esta aplicación innecesariamente compleja

14

- Cree que la aplicación es fácil de usar
- Necesita ayuda de una persona con conocimientos técnicos para el uso de la aplicación.
- Cree que la mayoría de la gente aprendería a usar esta aplicación en forma rápida
- Se siente motivado al utilizar esta aplicación para el aprendizaje de la robótica
- Necesita aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar esta aplicación

Una vez realizadas las evaluaciones, se sistematizarán los resultados, esperando la confirmación formal del logro de los objetivos de la aplicación.

## 7 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se sintetizó el desarrollo de una aplicación prototipo que permite enseñar aspectos teóricos sobre los conceptos del Robot Lego, explicando las partes del robot: Actuadores y Sensores (Tacto, Luz/Color y Ultrasónico), sin la necesidad de contar con el kit en físico. Esta aplicación tiene el fin de permitir el aprendizaje de la robótica a partir de la aplicación de la RA, generando una interacción entre los estudiantes y la computadora sea intuitiva, simple, accesible y disponible, facilitando el desarrollo del pensamiento computacional. Se cree que la obtención de este tipo de recursos educativos es fundamental para motivar el aprendizaje en una sociedad como lo es la de Oruro, Bolivia.

Se está trabajando en la incorporación de problemas o retos, en forma de evaluación interactiva, con el fin de determinar cómo ARFOR v1.0 puede potenciar aún más el desarrollo del pensamiento computacional. Además se prevé una nueva versión que enseñe a programar utilizando código y no solamente lenguaje de bloques.

## Referencias

1. Abud, A. MeISE: Metodología de Ingeniería de Software Educativo. Revista Internacional de Educación en Ingeniería, Instituto Tecnológico de Orizaba. (2009).
2. Aguado P, (2022), "Creación y desarrollo de un juego empleando nuevas tecnologías y robótica", Trabajo de Fin de Grado.
3. Albayrak M. et al, "Robotics Education Based on Augmented Reality in Primary Schools".
4. Calderon D., Núñez F., "Diseño de una propuesta didáctica basada en la robótica educativa y la realidad aumentada en educación infantil", Journal Article: La tecnología como eje del cambio metodológico.
5. Casas Mendoza, N. E. (2022). Tutor inteligente con realidad virtual para la enseñanza de conceptos y teorías de la biología celular a jóvenes estudiantes de 15 a 18 años en las unidades educativas de La-Paz Bolivia (Doctoral dissertation).
6. Jiménez Builes, J. et al., SOLES: ARQUITECTURA DE SOFTWARE EDUCATIVO DE APOYO A LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LECTO-ESCRITURA EN EDUCACIÓN BÁSICA. Available at: <https://www.ufrgs.br/niee/eventos/RIBIE/2004/comunicacao/com610-619.pdf>
7. Figueroa, M. M. A. A. (1940). MeISE: Metodología de ingeniería de software educativo. Revista Internacional Internacional de Educación en Ingeniería Educación en Ingeniería ISSN, 1116, 13.

8. Jiménez-Pinzón L., Arango-Sánchez R., Jiménez-Builes J. (2014), LEGO MINDSTORMS NXT: JUEGO COMO HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE DE PROGRAMACIÓN, Lámpsakos, No.12, pp. 72-78, ISSN: 2145-4086, Medellín - Colombia.
9. Mendez A., Alfaro J., Rojas R., (2020), "Videojuegos educativos para niñas y niños en educación preescolar utilizando robótica y realidad aumentada", Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação
10. Puspitasari, D., & Indratno, T. K. (2021) The Development of Project-based Learning Instrument Assisted by Lego® Mindstrom®. *Impulse: Journal of Research and Innovation in Physics Education*, 1(2), 96-102. ISSN: 2798–1762 (Print); ISSN: 2798–1754 (Online) <http://ejournal.uin-suka.ac.id/tarbiyah/impulse>
11. Rotta I., (2021), "Realidad Aumentada y Robótica Educativa en el proceso de enseñanza - aprendizaje de alumnos del sexto grado de educación primaria de la I.E. N° 14854 José Santos Chocano", Tesis de Grado, Universidad César Vallejo, Piura, Perú.
12. Torres-Carrion, P., González González, C., & Basurto-Ortiz, J. E. (2016). Diseño de un juego serio para la mejora de la conciencia fonológica de los niños con dislexia. In IEEE 11 Congreso Colombiano de Computación.
13. Valdivia, R. C., Nava, M. R. Z., & Hernandez, J. L. L. (2017). Aplicación de TI en el proceso de enseñanza-aprendizaje para la adquisición de conocimientos de matemáticas 1er. grado de educación secundaria "Imat".
14. Vivas Fernandez L., Sáez López J., (2019), "Integración de la robótica educativa en Educación Primaria", Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa, 18(1).