



*Algoritmos Inteligentes para el Desarrollo del Aprendizaje Aritmético Básico en niños no videntes por medio de una Aplicación Móvil Lúdica*

*Intelligent Algorithms for the Development of Basic Arithmetic Learning in blind children through a Playful Mobile Application*

*Algoritmos Inteligentes para o Desenvolvimento da Aprendizagem Aritmética Básica em crianças cegas por meio de um Aplicativo Móvel Lúdico*

Alan Patricio Oña-Paucar <sup>I</sup>

[afona2@espe.edu.ec](mailto:afona2@espe.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0009-4359-9141>

Edgar Ruben López <sup>II</sup>

[erlopez5@espe.edu.ec](mailto:erlopez5@espe.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0001-7738-0406>

Franklin Javier Montaluisa <sup>III</sup>

[fjmontaluisa@espe.edu.ec](mailto:fjmontaluisa@espe.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-9816-1990>

**Correspondencia:** [afona2@espe.edu.ec](mailto:afona2@espe.edu.ec)

Ciencias de la Educación

Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 30 de diciembre de 2023 \* **Aceptado:** 11 de enero de 2024 \* **Publicado:** 06 de febrero de 2024

- I. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, Latacunga, Ecuador.
- II. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, Latacunga, Ecuador.
- III. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, Latacunga, Ecuador.

## Resumen

Los estudiantes invidentes enfrentan situaciones en las que no pueden aprender aritmética como un estudiante que puede ver, las aplicaciones móviles no se especializan en la educación de estos estudiantes ya que no tienen la forma de adecuar los ejercicios para que el estudiante invidente aprenda, debido a que siempre presentan los mismos ejercicios, esto hace que los estudiantes memoricen el ejercicio y sus respuestas. Es por eso que se desarrolló una aplicación móvil para la enseñanza de aritmética que utilice algoritmos inteligentes y sea diseñada específicamente para estudiantes invidentes. Este software proporciona una experiencia de aprendizaje inclusiva, ofreciendo una interfaz accesible, además evalúa el progreso de los estudiantes y adapta el contenido en función del avance y las necesidades de cada alumno. Para validar este software se realizó un experimento con estudiantes de 5to grado, se dividió el grupo en 2. Se realizó un test inicial a todos, el grupo uno obtuvo un promedio de 12.6/20, el grupo dos de 12.8/20. Luego, el grupo uno empezó a usar la aplicación por un periodo de 4 meses, mientras que el grupo dos continuó con el método de enseñanza tradicional, al finalizar el periodo del experimento se aplicó un nuevo test, los promedios mejoraron, el grupo uno obtuvo 17.13/20 y el grupo dos 14.8/20. Con estos resultados se pudo concluir que el uso de la aplicación fue efectivo en el grupo uno porque generó conocimiento mediante la generación de ejercicios basado en las necesidades de aprendizaje de los estudiantes.

**Palabras clave:** Algoritmos inteligentes; Aplicaciones móviles; Enseñanza de aritmética; Estudiantes invidentes; Software lúdico.

## Abstract

Blind students face situations in which they cannot learn arithmetic like a student who can see, mobile applications do not specialize in the education of these students since they do not have a way to adapt the exercises so that the blind student learns, due to They always present the same exercises, this makes the students memorize the exercise and their answers. That is why a mobile application for teaching arithmetic was developed that uses intelligent algorithms and is designed specifically for blind students. This software provides an inclusive learning experience, offering an accessible interface, also evaluates student progress and adapts content based on the progress and needs of each student. To validate this software, an experiment was carried out with 5th grade students, the group was divided into 2. An initial test was carried out on everyone, group one

obtained an average of 12.6/20, group two 12.8/20. Then, group one began to use the application for a period of 4 months, while group two continued with the traditional teaching method, at the end of the experiment period a new test was applied, the averages improved, group one obtained 17.13/20 and group two 14.8/20. With these results it was possible to conclude that the use of the application was effective in group one because it generated knowledge through the generation of exercises based on the learning needs of the students.

**Keywords:** Intelligent algorithms; Mobile apps; Arithmetic teaching; Blind students; Playful software.

## Resumo

Alunos cegos enfrentam situações em que não conseguem aprender aritmética como um aluno que enxerga, os aplicativos mobile não são especializados na educação desses alunos pois não têm como adaptar os exercícios para que o aluno cego aprenda, devido a Eles sempre apresentam os mesmos exercícios, isso faz com que os alunos memorizem o exercício e suas respostas. É por isso que foi desenvolvido um aplicativo móvel para ensino de aritmética que utiliza algoritmos inteligentes e é projetado especificamente para alunos cegos. Este software proporciona uma experiência de aprendizagem inclusiva, oferecendo uma interface acessível, também avalia o progresso do aluno e adapta o conteúdo de acordo com o progresso e as necessidades de cada aluno. Para validar este software foi realizado um experimento com alunos do 5º ano, o grupo foi dividido em 2. Foi realizado um teste inicial em todos, o grupo um obteve média de 12,6/20, o grupo dois 12,8/20. Então o grupo um começou a utilizar o aplicativo por um período de 4 meses, enquanto o grupo dois continuou com o método de ensino tradicional, ao final do período experimental foi aplicado um novo teste, as médias melhoraram, o grupo um obteve 17,13/20 e grupo dois 14,8/20. Com esses resultados foi possível concluir que a utilização do aplicativo foi eficaz na turma um pois gerou conhecimento por meio da geração de exercícios baseados nas necessidades de aprendizagem dos alunos.

**Palavras-chave:** Algoritmos inteligentes; Aplicativos móveis; Ensino de aritmética; Alunos cegos; Software lúdico.

## Introducción

En los últimos años, el desarrollo de métodos de enseñanza de aritmética para personas no videntes ha sido insuficiente debido a la falta de inclusión en el ámbito educativo, es por eso, que hay pocos materiales de enseñanza para esta población. Los métodos comunes utilizados en las instituciones son el ábaco, caja aritmética, calculadora parlante, sistemas informáticos, etc.

El ábaco es uno de los principales métodos de enseñanza de aritmética básica que se utiliza desde la antigüedad en Japón, el cual se basa en un aprendizaje cognitivo y simbólico, usado por estudiantes videntes e invidentes principalmente para contar, sumar y restar (A. Martínez & González, 2017). Para el uso de otros instrumentos es necesario tener conocimiento del sistema de escritura y lectura braille un ejemplo de ello es la caja aritmética que consta de una estructura rectangular con cuadrículas iguales donde se realizan las operaciones y otra con divisiones para almacenar de forma organizada fichas o cubos que cuentan con relieve o números en braille que facilitan su identificación (G. Martínez & González, 2017). Actualmente se tiene instrumentos que son prácticos y fáciles de usar.

La calculadora parlante es la adaptación de una calculadora convencional para el uso de personas no videntes, el funcionamiento consiste en dictar con un audio de voz los comandos ingresados y los resultados de las operaciones (Gálvez & Rozas, 2019). Además, existen programas que han sido adecuados para este tipo de población, Expocamino es un audio-juego que se basa en el aprendizaje narrativo y cuenta con preguntas predefinidas enfocadas en cálculos aritméticos, su objetivo es reforzar la capacidad de estudio cognitivo y razonamiento lógico (Pesantes et al., 2022). Se ha implementado al método educativo sistemas con algoritmos inteligentes, sin embargo, no son apropiadas para satisfacer las necesidades de estudiantes con discapacidad visual, ya que su diseño está orientado a personas que no presentan dificultades visuales.

Se puede apreciar una tecnología interesante a tomar en cuenta en el trabajo de Martínez Rodríguez (2010) que se titula “La enseñanza de las estructuras algebraicas con la utilización de un sistema inteligente”, el cual hacía uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICS), inteligencia artificial y mapas conceptuales para adaptar la técnica de enseñanza y aprendizaje a las características personales del estudiante. Otro proyecto innovador es el que propone, El autor Villagrá et al (2015), quien desarrolló una estrategia para detectar de manera temprana problemas de rendimiento en el estudio académico. Se utilizó una técnica de aprendizaje, que aprovecha los

videojuegos educativos y es conocida como gamificación, el juego es de laberintos muy parecido a pacman.

Existen pocos softwares que faciliten la enseñanza de matemáticas a niños no videntes y algunos sistemas informáticos no pueden adaptarse de manera efectiva. En la actualidad los gobiernos están trabajando en la inclusión del ser humano con discapacidad visual, para lo cual el uso de las TICS puede contribuir en el proceso de aprendizaje y en especial los sistemas informáticos con audiojuegos ya que permiten la comprensión del espacio que les rodea (Rodríguez, 2010). Por tal motivo la presente investigación se enfocará en el desarrollo de un aplicativo móvil lúdico para el aprendizaje de aritmética básica en niños con discapacidad visual.

La tecnología que ofrecen los teléfonos de hoy en día, las primeras experiencias que viviría el niño en el aprendizaje al usar la app y la facilidad de poder llevarlo a todas partes harían que se fortalezca las ganas de aprender, por lo tanto, sería importante el desarrollo de un aplicativo móvil lúdico enfocado a niños con discapacidad visual. Según Montero (2021) en la educación aritmética es fundamental encontrar estrategias pedagógicas y didácticas que motiven a los estudiantes a aprender por sí mismos, por lo tanto, tener un software que incentive al juego con audios atractivos sería muy acertada para mejorar la atención del estudiante ya que captará más rápido la información, además el uso de algoritmos inteligentes evitara que el profesor monitoree los resultados individuales de estos, es por eso que se necesita de inteligencia artificial para que automáticamente seleccione los ejercicios en los que el alumno no ha tenido éxito y se repitan hasta que este tenga un rendimiento satisfactorio, no obstante, sería importante tener la opción de mostrar el avance de los niños ya que sería una herramienta fundamental para que el profesor pueda dar seguimiento al avance del estudiante, consiguiendo de esta manera mejorar los resultados en el aprendizaje.

## **Materiales y métodos**

### **Desarrollo de la investigación experimental**

El presente trabajo uso la investigación experimental, la cual se enfocó en comprobar los efectos de utilizar un aplicativo móvil lúdico con algoritmos inteligentes para mejorar el aprendizaje de estudiantes con discapacidad visual. Guevara Gladys et al (2020) dice que toda investigación

experimental tiene un enfoque científico en la que se mantiene un conjunto de variables constantes, mientras otro conjunto de variables es modificado para él experimento.

A partir del concepto mencionado en la sección anterior, se describen a continuación los procedimientos seguidos:

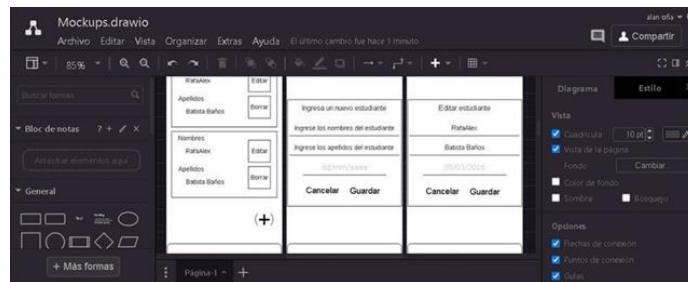
1. Se seleccionó un docente de matemáticas el cual tenía un grupo de estudiantes con discapacidad visual y además cursaban el 5to grado de educación básica.
2. Se dividió aleatoriamente a los estudiantes en 2 grupos:
  - a. Grupo uno: Utilizaron el aplicativo móvil lúdico.
  - b. Grupo dos: No utilizaron el aplicativo móvil lúdico.
3. El docente realizó una prueba diagnóstica antes de comenzar el experimento para medir el nivel de aprendizaje y atención de los estudiantes en ambos grupos.
4. El grupo uno hizo uso por cuatro meses del aplicativo móvil lúdico en sus sesiones de aprendizaje, mientras que el grupo dos siguió con su método de aprendizaje habitual.
5. Al finalizar se realizó una prueba diagnóstica a todos los estudiantes.
6. Se comparó y analizó los resultados obtenidos en las pruebas diagnósticas para interpretar y concluir si el uso del aplicativo móvil lúdico tuvo un efecto positivo en el aprendizaje de los estudiantes con discapacidad visual.

### **Desarrollo del proyecto**

Para el desarrollo de este proyecto se realizaron los algoritmos inteligentes en un backend, que es la parte no visible encargada de manejar las solicitudes de los usuarios, como registrar, editar, eliminar y proporcionar información (Coppola, 2022). El frontend, que corresponde a la parte visible de las páginas web y aplicaciones móviles, hace uso de las funcionalidades proporcionadas por el backend (Apirest). La unión de estas dos tecnologías da como resultado un solo sistema que permite a los estudiantes invidentes mejorar sus calificaciones en aritmética básica.



## Obtención de requerimientos



*Fig. 1: Mockups de la aplicación móvil.*

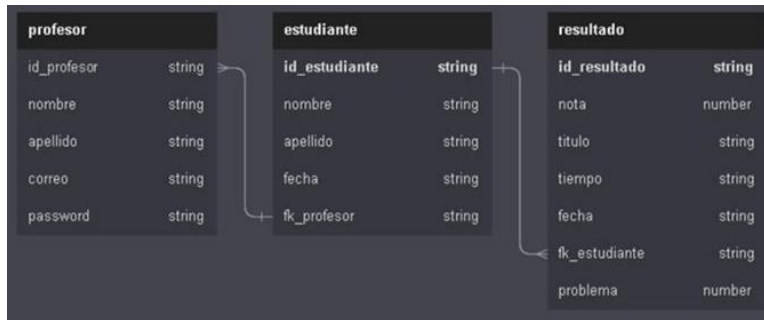
Para obtener los requerimientos se realizaron maquetas, también llamadas Mockup que simboliza la idea de cómo se vería una aplicación y cuál será el funcionamiento de cada pantalla, todos los mockups de este proyecto se desarrollaron en diagrams.net que es una aplicación de drive y se utiliza para graficar diagramas. La figura 1 muestra una parte de los mockups que se usaron para obtener la aprobación del cliente antes de proceder con la implementación, lo que facilitó la toma de decisiones informadas y consensuadas sobre el diseño. Esto ayudó a prevenir cambios de último momento.

Una vez aprobados los mockups se procedió a crear una Api rest, porque en este apartado se realizan las funcionalidades solicitadas por el cliente.

## Obtención de requerimientos

El backend se desarrolló con nodejs, que es un framework que permite a los desarrolladores escribir y desplegar código en la nube de forma rápida y sencilla, puede ser utilizado para procesar datos y ejecutar modelos de machine learning (Simões, 2021).

## Desarrollo del diagrama de bases de datos



*Fig. 2: Gráfica de la estructura y relaciones de la base de datos.*

En el diagrama de la figura 2 se puede ver la interpretación gráfica de cómo las tablas se organizan y se relacionan en la base de datos.

## Desarrollo del CRUD de las tablas

El CRUD es un acrónimo que reúne las primeras letras de las cuatro maneras en las que se puede gestionar una base de datos:

- Create: Crear registros.
- Read: Leer registros.
- Update: Actualizar registros.
- Delete: Borrar registros.

Se conectó el Backend a la base de datos Firestore, para proceder con el desarrollo del CRUD, para las tablas “profesor” y “estudiante”, cómo se puede visualizar en la fig 1 cada profesor que se registre en el sistema obtendrá automáticamente un id\_profesor único, en el momento que este añada a todos sus estudiantes, estos tendrán el id del profesor que los registro, es decir, cuando el docente ingresé a su cuenta, el sistema mostrara el listado de sus estudiantes registrados.

La tabla “resultados”, tiene como propósito obtener las calificaciones de cada estudiante a través de un identificador llamado (id\_estudiante), que se crea al momento de registrar a un alumno y cuando el alumno a resuelto 5 ejercicios se duplica en la tabla resultados con el nombre de (fk\_estudiante).



## **Desarrollo de los algoritmos inteligentes**

### **Investigación de estrategias usadas en la educación de estudiantes escolares**

Las estrategias de estudio para los estudiantes son las siguientes:

- Aprendizaje por repetición, también conocido como repetición espaciada, según (Uchihara et al., 2019) tiene varios beneficios en el proceso de aprendizaje de una persona. En primer lugar, esta técnica ayuda a mejorar la retención de información, ya que la repetición frecuente de un concepto o habilidad ayuda a retener el conocimiento en la memoria a largo plazo. Además, el aprendizaje por repetición puede ayudar a mejorar la velocidad y la precisión en la ejecución de habilidades motoras y cognitivas. También puede ser útil para mejorar la confianza y la autoeficacia, ya que la repetición frecuente puede ayudar a una persona a sentirse más cómoda y segura al realizar una tarea o habilidad.
- Aprendizaje por tiempo de estudio, proporciona beneficios como el mejoramiento del rendimiento académico, el desarrollo de habilidades de organización y autodisciplina, la fortaleza en la concentración y la atención, el desarrollo de habilidades de estudio y aprendizaje autónomo (Chang Mata, 2016).

Se investigaron estas estrategias debido a que contienen patrones (procesos que se repiten) que pueden ser sistematizados y replicados con algoritmos inteligentes.

### **Selección del algoritmo machine learning**

El Machine learning es una rama de la inteligencia artificial, este se enfoca en desarrollar algoritmos (instrucciones para solucionar problemas) y técnicas que permitan a los sistemas informáticos aprender a partir de los datos, sin necesidad de ser programados explícitamente (universidadeuropea, 2022). Según inesdi (2022) hay 3 tipos de Machine learning:

- El Deep learning, usado para extraer patrones que tienen los datos y características profundas de estos.
- El Machine learning supervisado, se proporciona un conjunto de datos de entrada y las respuestas correctas correspondientes para que el sistema aprenda a predecir cuál es la respuesta.
- El Machine learning no supervisado, usado para encontrar patrones.

En este caso se utilizó machine learning supervisado debido a la naturaleza de los datos disponibles. El objetivo era aprovechar un conjunto de datos previamente etiquetados (Categoría de una columna), lo que permitió entrenar modelos con ejemplos de entrada y sus correspondientes respuestas correctas, esto garantizó un aprendizaje guiado y preciso para el desarrollo de estrategias de estudio.

Para las estrategias de aprendizaje por repetición de ejercicios y tiempo de estudio, se seleccionó el algoritmo de machine learning supervisado de regresión lineal. Este es adecuado porque permite evaluar, ajustar el progreso y el rendimiento de los estudiantes.

### **Desarrollo de los algoritmos machine learning**

El desarrollo de los algoritmos que servirán para la predicción del tiempo que el estudiante permanecerá en la aplicación y las veces que debe repetir los ejercicios se describen a continuación:

- Recopilación de datos, se hizo uso de Kaggle que es una página web que permite a los usuarios encontrar información ya procesada sin necesidad de realizar tanta limpieza (Coppola, 2021).
- Se realizó una búsqueda en esta plataforma para encontrar las calificaciones de niños de escuelas y se procedió a descargar todos los csv (representación de datos en forma de tabla), luego se realizó una búsqueda en los csv descargados, para encontrar el tiempo que estudiaron y el registro de cuantas veces se Articuló para revisión, equivocaban en los ejercicios, la información encontrada se guardó en un documento llamado Notas-pro.csv con las siguientes etiquetas: “Id\_estudiante”, “Fecha”, “Nota”, “Titulo”, “Tiempo”, “Problema”, “Veces repetir problema”, “Promedio”.
- Selección de datos, se dividió los datos del archivo Notas-pro.csv para comprobar que las predicciones funcionan, el 70% de los datos se usaron para el entrenamiento y el 30% para probar las predicciones, cabe mencionar que el 100% de esta información ya cuenta con los resultados, en otras palabras, ya se sabe el valor de la variable Y.
- Entrenamiento del modelo del algoritmo de regresión lineal, para realizar este proceso se usaron los datos del archivo Notas-pro.csv, con el fin de que el paquete de tensorflow.js calcule las intercepciones y pendientes eligiendo así la línea que pase por más puntos.
- Probar las predicciones de regresión lineal, para este paso se utiliza la siguiente formula:

$$Y = aX + b$$

Donde:

$X$  = la variable independiente.

$Y$  = la variable dependiente. Su valor se encuentra entre 0 y 20 puntos

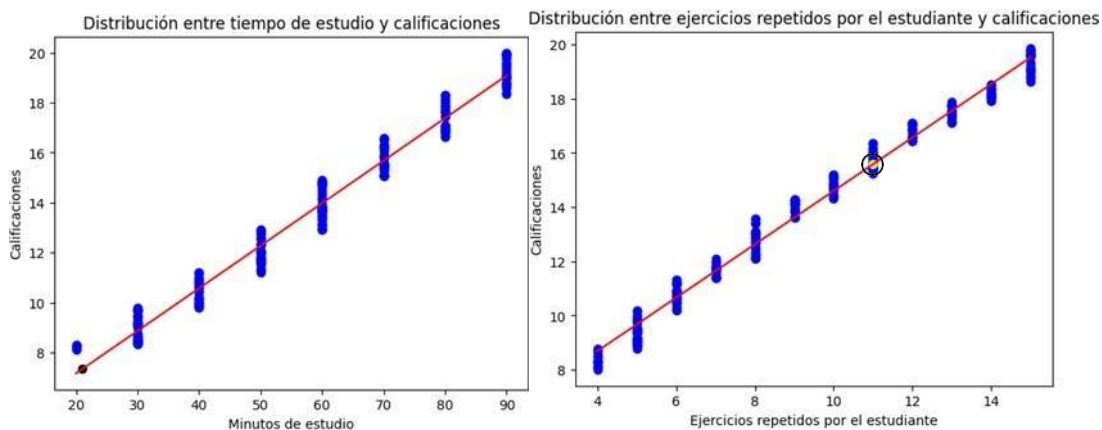
$a$  = es la inclinación de la línea recta que se denomina pendiente.

$b$  = es la intercepción del punto de partida en el eje  $Y$ .

Con el proceso de entrenamiento de los algoritmos se obtuvieron los siguientes resultados:

- En el algoritmo de tiempo de estudio se obtuvo que  $a = 0.17$  y  $b = 3.76$ .
- En el algoritmo de ejercicios repetidos se obtuvo que  $a = 0.98$  y  $b = 4.74$ .

Luego de calcular  $a$  y  $b$  en los dos algoritmos, se procedió a graficar y se obtuvo lo siguiente:



**Fig. 3:** Grafico de dispersión de datos de calificaciones y tiempo. **Fig. 4:** Grafico de dispersión de datos de calificaciones y ejercicios repetidos por el estudiante.

En la figura 3 se señala un punto negro que hace referencia a  $Y$ , es decir, la nota que obtendría el estudiante dependiendo el tiempo que estudió, para este ejemplo se usó la variable  $X = 21$  min y las constantes  $a$  y  $b$  que se obtuvieron en el entrenamiento del algoritmo tiempo de estudio, quedando así la fórmula:

$$Y = (0.17) * 21 \text{ min} + 3.76$$

$$Y = 7,33.$$

En la figura 4 se señala un punto amarillo que de igual forma hace referencia a  $Y$ , es decir, la nota que obtendría el estudiante dependiendo la cantidad de veces que repitió los ejercicios, para este ejemplo se usó la variable  $X = 11$  repeticiones y las constantes  $a$ ,  $b$  que se obtuvieron en el entrenamiento del algoritmo de ejercicios repetidos, quedando así la fórmula:

$$Y = (0.98) * 11 \text{ repeticiones} + 4.74$$

$$Y = 15,52.$$

Estos dos ejemplos son una muestra del 30% de los datos que se reservaron para probar las predicciones del algoritmo.

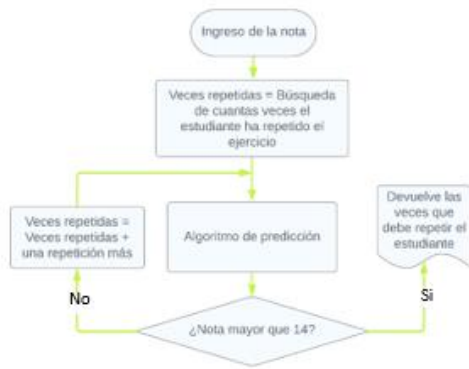
Validación del algoritmo, para validar los algoritmos desarrollados en la anterior

sección, se usó el coeficiente  $r^2 = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$ , es una medida que indica qué

tan bien se ajusta el modelo de regresión lineal a los datos, su valor varía entre 0 y 1, si el coeficiente es más cercano al uno esto quiere decir que las predicciones son más reales (Minitab, 2019). Hay dos coeficientes  $r^2$  cada uno correspondiente a las figuras 2 y 3, la fig 2 tiene 0.975 y la fig 3 tiene 0.986, estos dos coeficientes muestran que los algoritmos funcionaron para realizar predicciones reales.

### Implementación de los algoritmos machine learning en el backend

Para implementar los algoritmos de la anterior sección se realizaron validaciones para crear los ejercicios que necesitan resolver los estudiantes, a continuación, se muestran los diagramas de flujo que representan cómo funciona este apartado del Backend.



**Fig. 5:** Diagrama de flujo para predecir cuantas veces debe repetir un ejercicio el estudiante.



**Fig. 6:** Diagrama de flujo para predecir cuánto tiempo debe resolver los ejercicios el estudiante.

La figura 5 representa un diagrama de flujo donde se observa la secuencia para predecir cuantas veces debe repetir un ejercicio el estudiante, a continuación, se describe:

- Para comenzar el proceso se debe recibir la nota.
- Se procede a buscar en la tabla resultados de la figura dos, cuantas veces ha repetido ese ejercicio.
- Se usa el algoritmo de predicción mostrado en la fig 3 y se obtiene un pronóstico.
- Se valida si el pronóstico es mayor a 14, si no es mayor se aumenta una unidad más a las veces que debe repetir y se vuelve a desarrollar el paso 3.
- Se valida si el pronóstico es mayor a 14, si es mayor se devuelve las veces que el estudiante debe repetir el ejercicio.

En la figura 6 se puede ver la secuencia de pasos para predecir cuanto tiempo debe resolver los ejercicios el estudiante posteriormente la explicación del diagrama de flujo:

- Para comenzar el proceso se debe recibir la nota.
- Se procede a buscar la fecha de ese día en los registros del estudiante que se encuentra usando la aplicación.
- Se usa el algoritmo de predicción mostrado en la fig 2 y se obtiene un pronóstico.
- Se valida si el pronóstico es mayor a 14, si no es mayor se aumenta 10 minutos más al tiempo que debe realizar los ejercicios y se vuelve a desarrollar el paso 3.
- Se valida si el pronóstico es mayor o igual a 14, en caso de ser este el caso, se devuelve el tiempo que el estudiante debe realizar los ejercicios.

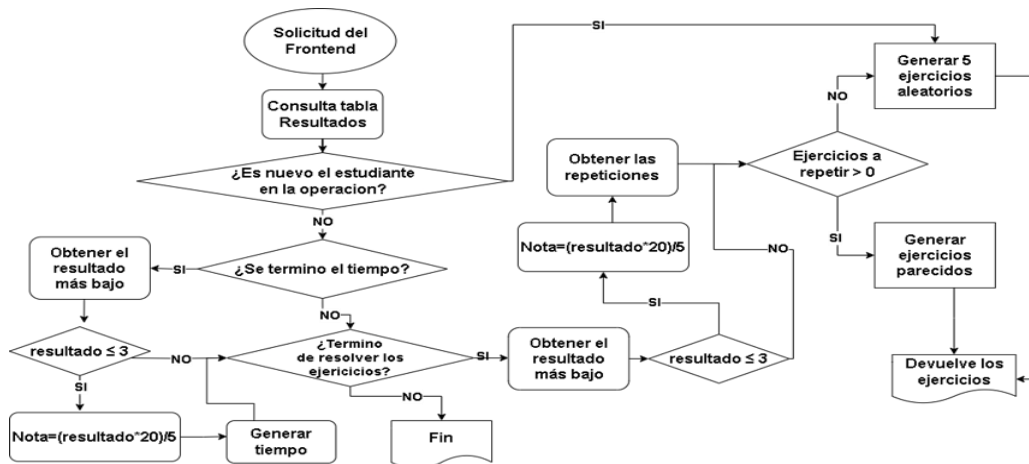


Fig. 7: Diagrama de flujo de la función de los algoritmos inteligentes.

Finalmente, se describe la figura 7 donde se tiene el proceso para obtener los ejercicios que resolverán los estudiantes:

- a. El frontend hace una solicitud al backend para obtener los ejercicios.
- b. El backend obtiene todos los resultados del estudiante que se encuentra usando la aplicación.
- c. Si el estudiante no tiene registros en la operación que selecciono, se procederá al punto L.
- d. Si al estudiante se le terminado el tiempo, entonces se procede a obtener el resultado más bajo.
- e. Si el resultado es menor o igual a tres, se realiza una operación para obtener el resultado sobre 20 para generar un tiempo usando el proceso mostrado en la figura seis.
- f. Si el resultado no es menor o igual a tres, se procede a validar si el estudiante a resuelto todos los ejercicios.
- g. Si al estudiante no se le ha terminado el tiempo, entonces se valida si ya han sido resueltos los ejercicios anteriormente asignados.
- h. Si el estudiante no termino de resolver sus ejercicios entonces se le devolverá los mismos que tenía asignados.
- i. Si el estudiante termino sus ejercicios, se procederá a obtener el ejercicio con la nota más baja.
- j. Si la nota más baja es menor o igual a tres se enviará la calificación al proceso de la figura cinco para determinar cuántas veces se deberá repetir ese ejercicio.
- k. Si al estudiante se le ha asignado repetir ejercicios, entonces se generará el número de ejercicios que se ha determinado repetir, estos ejercicios tendrán el mismo resultado, pero con otro problema aritmético.
- l. Si al estudiante no se le ha asignado repetir ejercicios, entonces se le generaran cinco ejercicios aleatorios.



## Despliegue del Backend

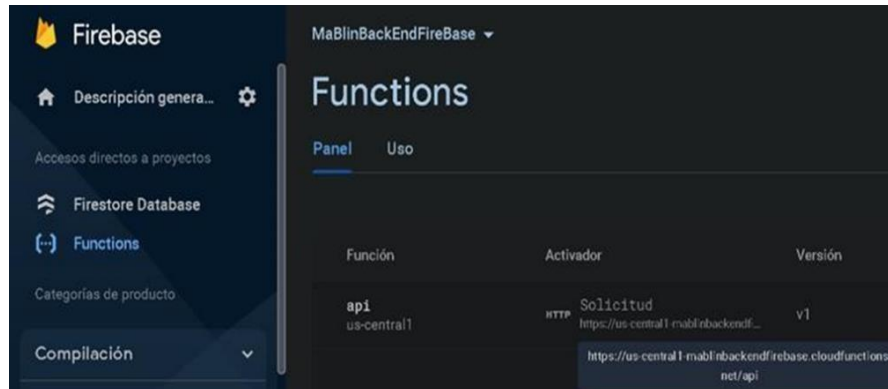


Fig. 8: Backend en Funciones de la nube.

Firebase es una plataforma que ofrece una amplia gama de servicios y herramientas para el desarrollo del software, entre estos servicios se encuentra el hosting de aplicaciones web, que permite desplegar y alojar el backend de una aplicación (Flores, 2022).

Se realizaron pruebas en postman, ya que en esta herramienta se pueden realizar pruebas y comprobar el correcto funcionamiento del backend. En la figura 8 se observa que al ser subido el backend local a la página web de firebase genera una URL, mediante el cual permite la conexión con la aplicación móvil.

## Desarrollo del frontend

### Elaboración de la aplicación móvil

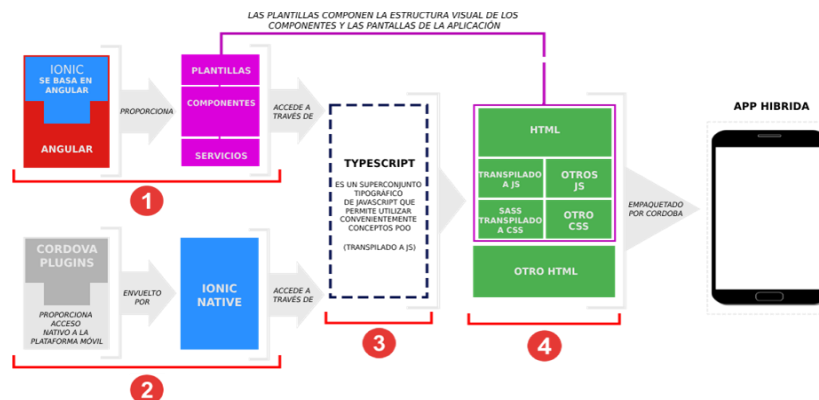
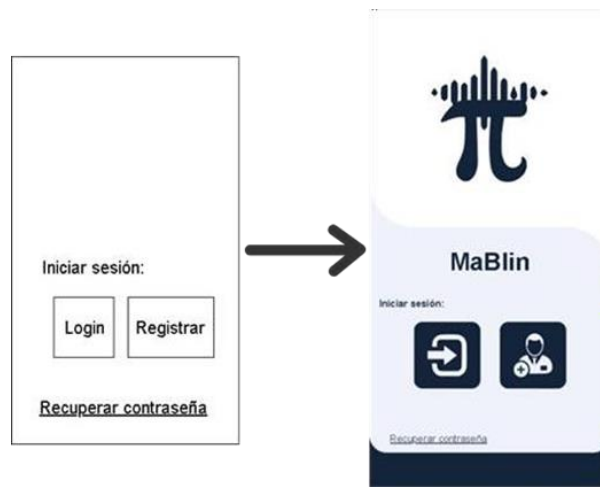


Fig. 9: Esquema del desarrollo de una aplicación móvil en Ionic Angular.

En la figura 9 se muestra el esquema de cómo se elaboró el frontend, comenzando por la sección dos, donde se instalaron los plugins nativos (programas que permiten hacer uso de una parte del teléfono) para usar el micrófono de un teléfono móvil, en la sección uno se crearon todas las pantallas con sus respectivas funcionalidades, en la sección tres Ionic transforma el sistema desarrollado a una aplicación nativa Android y finalmente en la división cuatro la aplicación se instala en un teléfono móvil.

### Desarrollo de la maquetación



*Fig. 10: Mockup a maqueta.*

Todos los mockups se usaron para maquetarlos con Ionic-Angular y obtener resultados como en la figura 10, en donde la maquetación servirá como primer paso para desarrollar las pantallas de la aplicación.

### Instalación de plugins

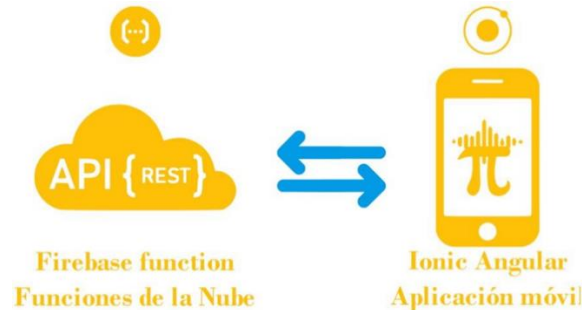
La figura 9 sección dos, muestra que Córdova plugins ayudo a instalar el siguiente listado:

- Media: permite obtener el tiempo que tienen los audios.
- Native-audio: permite reproducir los audios.
- Speech-recognition: activa el micrófono para obtener un texto.
- Vibration: Permite activar la vibración del teléfono por un tiempo determinado.

- Storage: Permite guardar los datos en el teléfono de manera local.

Estos plugins ayudaron a que los estudiantes pudieran navegar por las pantallas y que puedan resolver los ejercicios.

## Desarrollo de la comunicación entre el Backend y Frontend



*Fig. 11: Comunicación del Backend con el Frontend.*

En este apartado del desarrollo del Frontend nos encontramos en la sección 1 de la figura 9, la aplicación móvil se conectó al Backend por medio de la URL que fue mostrada en la figura 7, para que la aplicación móvil pueda enviar información y hacer peticiones usando métodos HTTP, estos permiten comunicar con el Backend (ApiREST), tal como se muestra en la figura 11. El desarrollo de la aplicación se enfocó en ser usable (que no se necesite de un manual), también se realizaron funciones para reproducir el audio y que el micrófono se active cuando se termine de reproducir, así el estudiante pueda responder a la aplicación, otra función desarrollada permite que el teléfono vibre por un tiempo determinado cuando el estudiante se encuentre realizando los ejercicios, el objetivo de esto es que pueda entender cuál es la cantidad con la que se encuentra en el ejercicio o repaso.

## Interacción del estudiante con la aplicación

### Historias lúdicas

Para tener la atención de los niños fue necesario implementar historias lúdicas que animan a los estudiantes a participar activamente en los ejercicios (Melero et al., 2018). mediante audios que cuentan diferentes historias de personajes.

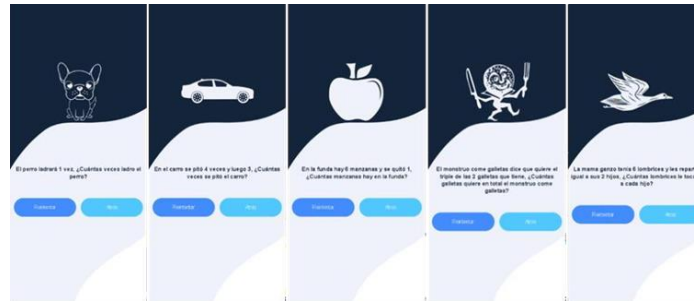


Fig. 11: Captura de pantalla de las historias lúdicas.

En la figura 11 se observa el espacio donde se encuentran los ejercicios en los cuales se narran las historias de los personajes que se muestran en las pantallas, permitiendo así que el niño resuelva los problemas de manera interactiva por medio del micrófono.

### Proceso de interacción del niño con la aplicación móvil

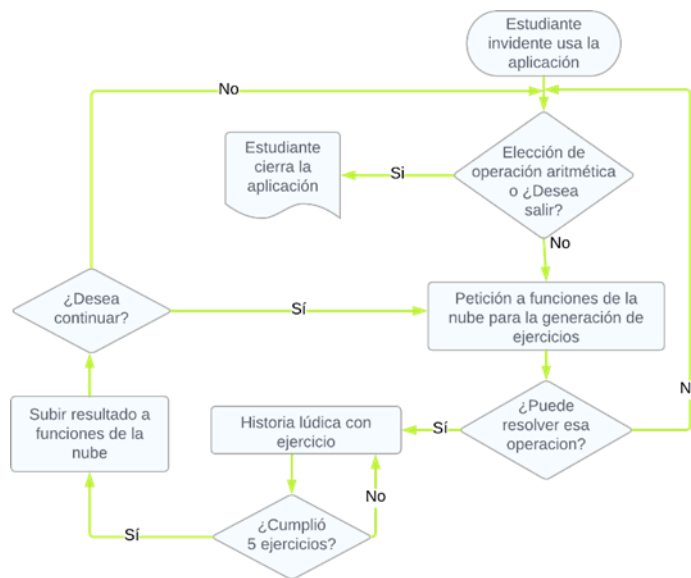


Fig. 12: Diagrama de flujo de como el estudiante interactúa con el algoritmo inteligente.

La figura 12 muestra cómo funciona la interacción del niño con la aplicación móvil:

- El estudiante se encuentra en la pantalla de ejercicios y deberá escuchar el audio para dar un comando de voz, con el fin de escoger una operación aritmética o salir.
- Si el estudiante desea salir puede hacerlo.
- Si el estudiante no desea salir, la aplicación solicitará al backend los ejercicios.

- d. El backend devuelve un objeto a la aplicación, un atributo del objeto ayuda en la validación de la aplicación, si el estudiante no tiene buenos resultados en una operación entonces la aplicación regresara al proceso A, hay un orden de operaciones si un estudiante es nuevo solo puede realizar los ejercicios de conteo y no puede escoger los ejercicios de multiplicación.
- e. Si el estudiante puede resolver los ejercicios, la aplicación procederá con las historias lúdicas, hasta que el estudiante haya resuelto cinco ejercicios.
- f. Al terminar de resolver los cinco ejercicios la aplicación subirá el resultado.
- g. Si el estudiante desea continuar resolviendo los ejercicios entonces la aplicación regresara al proceso E.
- h. Si el estudiante no desea continuar regresara al proceso A.

## Resultados

El sistema fue implementado a estudiantes de 5to grado durante el primer Quimestre del año académico 2022-2023, iniciando sus actividades en septiembre del 2022 y finalizando en diciembre del 2022. Alrededor de 6 estudiantes invidentes se registraron a las clases de aritmética del Lic. Segundo Lorenzo Oña Niacato.

El experimento comienza con tomar una prueba de diagnóstico a seis estudiantes para evaluar sus habilidades de aritmética básica y su nivel de comprensión de conceptos, en la tabla 1 se muestran los resultados, esto con el objetivo de obtener una base que se pueda luego comparar con la influencia de los algoritmos inteligentes. Todos los resultados presentados en esta investigación son sobre 20 puntos.

*Tabla 1: Resultados de la prueba de diagnóstico.*

Nombre	Conteo	Suma	Resta	Multiplicación	División	Promedio de pruebas
Chaglla Valentina	14	13	11	10	8	11,2
Zurita Andrés	16	16	13	14	11	14
Diaz Ian	15	12	12	13	11	12,6
		Promedio grupo 1				12,6
Parra Samantha	13	11	10	12	10	11,2
Pilco Steven	15	13	14	11	10	12,6

Quishpe Matías	17	17	14	13	12	14,6
						Promedio grupo 2
						12,80

Como se puede visualizar en la tabla 1 los estudiantes tienen problemas con las operaciones de suma, resta, multiplicación y división.

Luego de obtener las calificaciones, se plantea volver a tomar otra prueba con las siguientes condiciones:

- Se crearon dos grupos de tres integrantes (grupo 1, grupo 2).
- El grupo uno usaría la aplicación móvil como complemento para el estudio antes de realizar la nueva prueba.
- El grupo dos realizaría su estudio de forma tradicional todo esto antes de realizar la nueva prueba.

Los resultados de la nueva prueba se pueden observar en la tabla 2 para el grupo uno y en la tabla 3 para el grupo dos.

**Tabla 2:** Resultados de la nueva prueba que se realizó a los estudiantes del grupo uno.

Nombre	Conteo	Suma	Resta	Multiplicación	División	Promedio nueva prueba
Chaglla Valentina	17	16	16	18	15	16,4
Zurita Andrés	19	20	17	16	18	18
Diaz Ian	20	17	17	16	15	17
						Promedio grupo 1
						17,13

La tabla 2 se muestra los resultados de la nueva prueba con estudiantes que usaron la aplicación móvil, en la última columna se realizó un promedio de las notas obtenida en cada operación y se obtuvo también el promedio de las notas del grupo uno.

**Tabla 3:** Resultados de la segunda prueba diagnóstica que realizaron los estudiantes después de no usarla aplicación móvil.

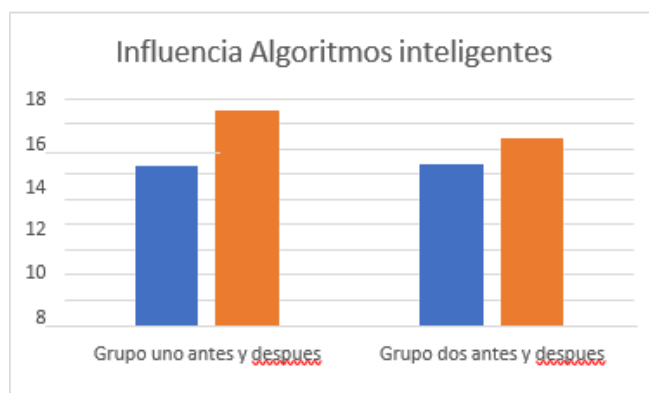
Nombre	Conteo	Suma	Resta	Multiplicación	División	Promedio nueva prueba
--------	--------	------	-------	----------------	----------	-----------------------



Parra Samantha	14	14	14	13	14	13,8
Pilco Steven	15	15	14	14	13	14,2
Quishpe Matías	18	17	16	16	15	16,4
				Promedio grupo 2		14,80

La tabla 3 muestra los resultados de la nueva prueba con estudiantes que no usaron la aplicación móvil, en la última columna se muestran los promedios de las notas obtenida en cada operación y se obtuvo también el promedio de las notas del grupo dos.

Para un mejor entendimiento de los resultados obtenidos se presenta la siguiente grafica.



*Fig. 13: Influencia de los algoritmos inteligentes.*

En la figura 13, muestra las barras azules las cuales son las gráficas del promedio de la prueba de diagnóstico (antes del experimento) y las barras naranjas son el promedio de los resultados del grupo que utilizo la app (grupo uno) y el grupo que no utilizo la app (grupo dos) después del experimento, como se puede observar las dos barras naranjas tienden a mejorar en comparación con las azules, pero se evidencia una mejora más grande en la gráfica naranja del grupo uno. Esa mejora se debe a la influencia que tuvieron los algoritmos inteligentes ya que al momento que el niño estaba estudiando y tenía problemas con algún ejercicio los algoritmos inteligentes mostraban más ejercicios parecidos para que resolviera. Otro factor que ayudo a mejorar los resultados fue que la aplicación al ser lúdica mantenía al niño entretenido por más tiempo mientras el algoritmo se encargaba de recomendar nuevos ejercicios.

## Discusión

En esta sección los autores analizan, explican e interpretan los resultados, relacionan los hechos encontrados en la investigación, comparan con los datos obtenidos por otros investigadores documentados en la literatura y llegan a conclusiones en consonancia con los objetivos e hipótesis que motivaron la investigación. En esta sección, cuando se refiera a los hechos encontrados por otros autores (afirmándolos o refutándolos) debe mencionarse al autor(es), utilizando el sistema autor año, el mismo que también se aplica en la introducción y la metodología. En el estudio se comprobó, el importante uso de los algoritmos inteligentes en la educación, porque estos permitieron usar la retroalimentación instantánea y corregir errores, lo que permite a los estudiantes mejorar sus habilidades aritméticas de manera más rápida y eficiente. Demostrando de esta manera que el artículo de Uchihara et al (2019) donde menciona que el estudio por repetición de ejercicios es efectivo, en este caso el problema aritmético variará, pero el resultado siempre será el mismo, mientras que (Chang Mata, 2016) resalta en su investigación que el tiempo dedicado al estudio tiene un impacto en el aprendizaje, en esta situación el algoritmo asigna un tiempo de estudio basado en la calificación obtenida.

También, se valida la conclusión de Cárdenas & Cáceres (2019) que comprobó que la presencia de una aplicación móvil educativa es importante para mejorar las habilidades en el estudio, en el presente artículo, se obtuvieron resultados positivos, dado que el uso de la aplicación móvil resultó beneficioso para los estudiantes.

## Conclusiones

La implementación de algoritmos inteligentes para el desarrollo del aprendizaje aritmético básico en niños no videntes por medio de una aplicación móvil lúdica resultó ser una herramienta efectiva para el mejoramiento del proceso de enseñanza-aprendizaje, debido a los pocos recursos que usa la aplicación en los teléfonos móviles así pudiendo usarse en teléfonos antiguos y nuevos. Los resultados obtenidos en el estudio mostraron un progreso significativo en el desempeño aritmético de los estudiantes que participaron en la prueba. Además, la aplicación móvil fue bien recibida por los estudiantes y el profesor, lo que sugiere que es una alternativa viable y atractiva para mejorar la calidad de la educación para niños no videntes.

Sin embargo, se necesitan futuras investigaciones para mejorar la aplicación y evaluar su eficacia a largo plazo en el aprendizaje aritmético de los niños no videntes. Sería interesante explorar la

inclusión de más juegos, otros modelos de machine learning y actividades que involucren diferentes aspectos de las matemáticas, como la geometría, las fracciones y la estadística, para ampliar el rango de habilidades que se pueden desarrollar.

## Referencias

1. Martínez Rodríguez. (2010). LA ENSEÑANZA DE LAS ESTRUCTURAS ALGEBRAICAS CON LA UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE. UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS.
2. Montero-Restrepo, D. F., Morales, M. D. M., Romero-Bravo, N., & Moreno-Moreno, V. (2021). No solo se aprende desde el tablero: mecanismos para la enseñanza de las matemáticas a estudiantes con discapacidad visual. *Trans-Pasando Fronteras*, (18).
3. Cárdenas, I., & Cáceres, M. (2019). Las generaciones digitales y las aplicaciones móviles como refuerzo educativo. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2, 25–31.
5. Chang Mata, R. O. (2016). Relación entre el desempeño académico y las horas de estudio invertidas en un Colegio de Bachilleres. <https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/629801/Roberto%20Octavio%20Chang%20Mata.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
6. Coppola, M. (2021, August 31). Ciencia de datos: qué es, para qué sirve, ventajas y consejos. <https://blog.hubspot.es/marketing/ciencia-de-datos>
7. Coppola, M. (2022, September 19). Frontend y backend: qué son, en qué se diferencian y ejemplos. <https://blog.hubspot.es/website/frontend-y-backend>
8. Flores, H. (2022, June 3). ¿Por qué utilizar Firebase de Google? <https://www.inbest.cloud/comunidad/por-que-utilizar-workspace-firebase-de-google>
9. Gálvez, M., & Rozas, J. (2019). Análisis de la influencia de la discapacidad visual en la educación matemática. *Guía para el profesorado*. Universidad de Almería.
10. Guevara Gladys, Verdesoto Alexis, & Castro Nelly. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 163–173.
11. inesdi. (2022, October 10). ¿Qué es el Aprendizaje supervisado en Machine Learning? | Inesdi. <https://www.inesdi.com/blog/aprendizaje-supervisado-machine-learning/>

12. Martínez, A., & González, F. (2017). Aspectos didácticos para la enseñanza de la matemática a personas con discapacidad visual. *Revista Paradigma*, XXXVIII, 385– 404.
13. Martínez, G., & González, M. (2017). Caja aritmética mini. *Revista Digital Sobre Discapacidad Visual*, 71.
14. Martínez Rodríguez. (2010). LA ENSEÑANZA DE LAS ESTRUCTURAS ALGEBRAICAS CON LA UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE. UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS.
15. Melero, A. Á., Rivas, A. Á. O., Redondo, F. C., & Domínguez, V. S. (2018). El uso del Kahoot y del Jumble como herramienta de trabajo para la enseñanza para la Historia Antigua y Medieval de España. *Innovaciones En El Aprendizaje Con Tecnologías Digitales*.
17. Minitab. (2019, April 18). Análisis de Regresión: ¿Cómo Puedo Interpretar el R-cuadrado y Evaluar la Bondad de Ajuste? <https://blog.minitab.com/es/analisis-de-regresion-como-puedo-interpretar-el-r-cuadrado-y-evaluar-la-bondad-de-ajuste>
18. Pesantes, D. A., Yuquilema, A. V. A., & Pesantez, L. M. Á. (2022). Un audio-juego para niños no videntes centrado en el aprendizaje narrativo. *Espíritu Emprendedor TES*, 6(1), 32–50. <https://doi.org/10.33970/eetes.v6.n1.2022.294>
19. Simões, C. (2021, July 27). ¿Qué es Node.js, y para qué sirve? <https://www.itdo.com/blog/que-es-node-js-y-para-que-sirve/>
20. Uchihara, T., Webb, S., & Yanagisawa, A. (2019). The Effects of Repetition on Incidental Vocabulary Learning: A Meta-Analysis of Correlational Studies. *Language Learning*, 69(3), 559–599. <https://doi.org/10.1111/lang.12343>
21. Universidad europea. (2022, September 9). Aprendizaje supervisado y no supervisado. <https://universidadeuropea.com/blog/aprendizaje-supervisado-no-supervisado/>
22. Villagrà, C., gallego, F., Llorens, F., Compañ, P., Satorre, R., & Molina, R. (2015). Detección precoz de dificultades en el aprendizaje. Herramienta para la predicción del rendimiento de los estudiantes. CINAIC.