



**Propuesta de Diseño de un Prototipo de Plataforma Educativa Innovadora para
un Colegio en Bogotá**

Dario Alejandro Latorre Montoya

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Maestría en Inteligencia de Negocios

Bogotá, Colombia

30/09/2024

**Propuesta de Diseño de un Prototipo de Plataforma Educativa Innovadora para un
Colegio en Bogotá**

Dario Alejandro Latorre Montoya

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Inteligencia de Negocios

Directora:

Mónica Mercedes Moya Forero

Modalidad:

Monografía

Universidad Ean

Facultad de Ingeniería

Maestría en Inteligencia de Negocios

Bogotá, Colombia

30/09/2024

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá, 30/09/2024

Dedicatoria:

A Lucía, Antonella, Isabella y Laura, sus
esfuerzos generarán los frutos que
alimentarán sus vidas.

Agradecimientos

Agradezco a la coordinadora académica Sherly García Bello y al docente Nicolas Junco Chaparro del Colegio Mayor de Gales por su gestión para permitirme acercarme a los miembros de la comunidad educativa, a mi directora Mónica Moya Forero por su orientación en el desarrollo de este trabajo, y a mi esposa Yubieth Lozano por su colaboración y motivación durante el proceso académico.

Resumen

El creciente potencial de la Inteligencia Artificial (IA) y de herramientas para los procesos de Analítica de Datos (AD) han venido mejorando los procesos organizacionales. El sector educativo no ha estado alejado de esos avances, sin embargo, en algunos casos los costos asociados a la investigación, desarrollo e implementación de nuevas tecnologías dificultan su incorporación. Por lo tanto, se llevó a cabo una investigación y el diseño de un prototipo de plataforma educativa orientada al uso de tecnologías innovadoras. El enfoque de esta investigación es mixto y su alcance es exploratorio con un diseño transversal para identificar las percepciones y necesidades de estudiantes, padres y docentes, respecto al uso de la tecnología en el contexto educativo. Se realizó el diseño de un prototipo funcional de plataforma educativa que integra modelos innovadores de IA y que es capaz de recolectar datos de la interacción de los estudiantes con los contenidos para generar procesos de AD. El desarrollo y la implementación de la solución propuesta se realizaron teniendo en cuenta la optimización de costos, pero respondiendo a los hallazgos de la investigación. Los asistentes en contenidos específicos con uso de modelos de IA son un recurso importante en el proceso educativo. La recolección de datos para desarrollar procesos de AD permite tomar mejores decisiones en el contexto educativo.

Palabras clave: Tecnología Educativa, Inteligencia Artificial, Analítica de Datos, Minería de Datos, Plataformas Educativas.

Abstract

The growing potential of Artificial Intelligence (AI) and tools for Data Analytics (DA) processes have been improving organizational processes. The educational sector has not been far from these advances, however, in some cases the costs associated with the research, development and implementation of new technologies make their incorporation difficult. Therefore, research and the design of a prototype of an educational platform aimed at the use of innovative technologies were carried out. The approach of this research is mixed, and its scope is exploratory with a transversal design to identify the perceptions and needs of students, parents and teachers, regarding the use of technology in the educational context. The design of a functional prototype of an educational platform was carried out that integrates innovative AI models and can collect data from the interaction of students with the content to generate DA processes. The development and implementation of the proposed solution was carried out with cost optimization in mind but responding to the research findings. Assistants in specific content with the use of AI are an important resource in the educational process. The collection of data to develop DA processes allows better decisions to be made in the educational context.

Keywords: Educational Technology, Artificial Intelligence, Data Analytics, Data Mining, Educational Platforms.

Contenido

	Pág.
Lista de Figuras	10
Lista de Tablas	11
Lista de Ecuaciones	12
Introducción	13
Objetivos	17
<i>Objetivo general</i>	17
<i>Objetivos específicos</i>	17
Justificación	18
Marco Teórico	20
<i>Visión General</i>	20
<i>Plataformas</i>	21
<i>Educación y contexto social</i>	23
<i>Educación, Inteligencia Artificial y Analítica de Datos</i>	24
<i>Legal y ética</i>	27
Hipótesis	29
Variables	30
Metodología	32

Propuesta de Diseño de un Prototipo de Plataforma Educativa Innovadora para un Colegio en Bogotá.	9
<i>Enfoque y alcance de la investigación</i>	32
<i>Población y muestra</i>	33
<i>Fases</i>	34
<i>Instrumentos</i>	35
<i>Técnicas para el análisis de la información</i>	37
Trabajo de Campo	39
<i>Procesamiento de los datos</i>	40
Análisis de resultados	41
<i>Análisis de resultados I1 FG1 P</i>	42
<i>Análisis de resultados I2 BP1 D</i>	45
<i>Análisis de resultados I3 BP2 E</i>	46
<i>Análisis de resultados I4 BP3 P</i>	53
<i>Análisis de resultados I5 FG2 E</i>	59
<i>Triangulación de datos</i>	62
Propuesta de solución a la problemática	68
<i>Situación actual: Necesidades y expectativas</i>	68
<i>Oportunidades: Plataformas con uso de IA y AD</i>	69
<i>Soluciones planteadas y seleccionadas</i>	71
<i>Propuesta</i>	74
<i>Análisis de costos</i>	76
<i>Prototipo</i>	79

Propuesta de Diseño de un Prototipo de Plataforma Educativa Innovadora para un Colegio en Bogotá.	10
<i>Percepciones sobre el prototipo</i>	89
<i>Plan de implementación</i>	90
Discusión	93
Conclusiones y Trabajo Futuro	97
<i>Conclusiones</i>	97
<i>Trabajo futuro</i>	98
Referencias	100
A. Anexo. Instrumentos	104
B. Anexo. Costos operativos	110

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Mapa conceptual: Marco teórico	20
Figura 2 Inteligencia Artificial, Aprendizaje de Máquina y Aprendizaje profundo	26
Figura 3 Inteligencia Artificial, Learning Analytics y Educational Data Mining	27
Figura 4 Descripción de instrumentos aplicados.....	39
Figura 5 Transcripción Inteligente	40
Figura 6 Procesamiento información cualitativa	41
Figura 7 Nube de palabras I1 FG1: Búsqueda de colegio	42
Figura 8 Nube de palabras /I FG1: Interacción con colegio	43
Figura 9 Nube de palabras I1 FG1: Sugerencias para la plataforma	44
Figura 10 Distribución porcentual P11	47
Figura 11 Intervalos de Confianza P11	47
Figura 12 Distribución porcentual P12	48
Figura 13 Intervalos de Confianza P12	48
Figura 14 Distribución porcentual P13	49
Figura 15 Intervalos de Confianza P13	49
Figura 16 Distribución porcentual P14	50

Figura 17 Intervalos de Confianza P14	50
Figura 18 Distribución porcentual P15	51
Figura 19 Intervalos de Confianza P15	51
Figura 20 Análisis de correspondencias I3 BP2 E: Contribuciones	52
Figura 21 Análisis de correspondencias I3 BP2 E: Biplot	53
Figura 22 Distribución porcentual P7	54
Figura 23 Intervalos de Confianza P7	54
Figura 24 Distribución porcentual P8	55
Figura 25 Intervalos de Confianza P8	55
Figura 26 Distribución porcentual P9	56
Figura 27 Intervalos de Confianza P9	56
Figura 28 Distribución porcentual P10	57
Figura 29 Intervalos de Confianza P10	57
Figura 30 Análisis de correspondencias I4 BP3 P: Contribuciones	58
Figura 31 Análisis de correspondencias I4 BP3 P: Biplot	59
Figura 32 Nube de palabras I5 FG2 E	62
Figura 33 Contraste respuestas asociadas a variable V1	63
Figura 34 Contraste respuestas asociadas a variable V2	65

Figura 35 Contraste respuestas asociadas a variable V3	66
Figura 36 Contraste respuestas asociadas a variable V4	66
Figura 37 Precios funcionalidades AI Generativa	73
Figura 38 Diagrama de la propuesta con GCP	75
Figura 39 Desarrollo en Cloud Shell – GCP	79
Figura 40 Vistas Prototipo	80
Figura 41 Inicio de sesión en la plataforma	81
Figura 42 Vista Inicial plataforma desde móvil	82
Figura 43 Contenido curso introductorio de Python	83
Figura 44 Almacenamiento de archivos para el RAG	84
Figura 45 Entorno de Dialogflow	84
Figura 46 Interacción con el chat usando RAG.....	85
Figura 47 Vista preguntas	85
Figura 48 Respuestas en Firestore	86
Figura 49 Pipeline de datos	86
Figura 50 Estructura de archivos	87
Figura 51 Notebook de modelamiento	87
Figura 52 Datos para el informe	88

Figura 53 Informe General.....	88
Figura 54 Nube de palabras I6 FG3 E	89
Figura 55 Instrucciones para los evaluadores del instrumento	107

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Fases metodológicas Vigilancia Tecnológica.....	23
Tabla 2 Estimación del tamaño de muestra.....	34
Tabla 3 Tipo de transcripción por instrumento	40
Tabla 4 Soluciones planteadas.....	72
Tabla 5 Soluciones seleccionadas.....	74
Tabla 6 Costos de desarrollo e implementación.....	77
Tabla 7 Costos operativos.....	78
Tabla 8 Versión inicial de instrumentos	104
Tabla 9 Versión de instrumentos validados.....	105
Tabla 10 Variables y códigos	106
Tabla 11 Evaluación de Instrumentos: Evaluador 1.....	107
Tabla 12 Evaluación de Instrumentos: Evaluador 2.....	107
Tabla 13 Evaluación de Instrumentos: Evaluador 3.....	108
Tabla 14 V de Aiken.....	109
Tabla 15 Fórmulas costos operativos	110

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1 Tamaño de muestra	33
---	-----------

Introducción

En los últimos años la Tecnología de la Información y Comunicaciones (TIC) ha cobrado relevancia en el contexto nacional. En la (Ley 1341, 2009) se establece como prioridad brindar a diferentes poblaciones el acceso a las TIC; en el artículo 6 se contemplan los programas, las aplicaciones y recursos dentro del conjunto de las TIC. En el artículo 39 de la (Ley 1341, 2009) se establece la articulación entre el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) y el Ministerio de Educación (MinEducación); dentro de los temas en los que el MinTIC apoyará al MinEducación se encuentran la alfabetización digital, mejoras en la calidad de la educación, entre otros.

La IA y la AD son componentes fundamentales para las TIC, específicamente en el sector educación pueden aportar ayudando en la automatización de actividades, creación de contenidos, colaboración y asistencia para estudiantes y docentes, potenciación de herramientas, detección de necesidades y patrones para tomar decisiones en el contexto educativo. Ouyang & Jiao (2021) proponen tres paradigmas para la incorporación de la IA en la educación, en uno de ellos resaltan la importancia de la interacción del estudiante con las tecnologías y con la información. La minería de datos en el sector educación proporciona herramientas para problemas relacionados con análisis predictivos, de comportamiento y soluciones visuales (Aldowah, Al-Samarrarie, & Fauzy, 2019).

Desde hace casi 30 años la Secretaría de Educación del Distrito ha buscado entender como las nuevas tecnologías pueden ayudar a suplir las necesidades en los procesos educativos (Ortegon Bolivar, 2009). Sin embargo, 45% de los docentes a los que se les preguntó por las capacidades del colegio para mejorar la enseñanza por medios digitales estuvieron en desacuerdo sobre la suficiencia del software disponible (Secretaría de Educación del Distrito, 2022).

Existen varias plataformas educativas que ofrecen servicios a colegios, no obstante, no se evidencia un uso de los últimos avances en inteligencia artificial ni en el uso de técnicas de analítica de datos para la toma de decisiones. Factores externos a los colegios, como la pandemia, la crisis económica mundial, la inflación a nivel local entre otros, pueden empujar a los colegios a crisis financieras, sin importar el nivel económico del entorno educativo. Teniendo en cuenta los factores externos y la competencia entre instituciones, es importante resaltar el papel que puede tener una plataforma educativa.

La situación financiera de los colegios es un factor correlacionado positivamente con los desempeños en las pruebas de estado (Secretaría de Educación del Distrito, 2022). Los colegios con buena situación tienen la posibilidad de invertir en plataformas mientras que, existen colegios que no tienen la posibilidad de pensar en plataformas porque ese costo al final será pasado a las familias. Lo anterior implica que hay una necesidad latente de generar soluciones innovadoras de bajos costo que permitan disminuir las brechas en los desempeños. Yangali & Escobar (2021) definen una estrategia de intervención que incluye un desarrollo de tecnología para optimizar la comunicación con padres de familia en una institución educativa de Bogotá, ellos mencionan que la implementación de tecnología para mejorar la comunicación responde a un proceso de acreditación de alta calidad. Aunque son numerosas las plataformas educativas, se debe tener en cuenta que el objetivo de este tipo de herramientas o en general de las tecnologías de la información, debe ser más orientado a la pedagogía que a la tecnología (Cardona Arteaga & Ángel Uribe , 2023). El diseño de una plataforma educativa orientada a colegios debe tener en cuenta los requerimientos propios de los actores; estudiantes, padres y docentes. Sin embargo, son estos últimos quienes pueden incentivar el uso en los otros dos, teniendo en cuenta lo anterior es necesario identificar las dificultades que los docentes pueden presentar con la apropiación de una plataforma y plantear los escenarios para ayudar a solucionarlos.

En muchos casos la situación financiera de los colegios propicia la reducción de costos y la imposibilidad de acceder a ciertos tipos de recursos, por ejemplo, plataformas que usen las últimas tecnologías. Los colegios que actualmente no poseen una plataforma educativa que les permitan comprender las necesidades y expectativas de padres, estudiantes y docentes en el entorno educativo, genera desafíos en la comunicación, la gestión de recursos, el manejo de la información y la experiencia educativa en general.

Se detecta el siguiente problema: La falta de acceso a las últimas tecnologías limita la implementación de plataformas basadas en IA y AD, que ayuden a resolver, mitigar o mejorar los procesos educativos, en poblaciones de bajos o medios recursos. Lo anterior propicia la no reducción de brechas, restringe el acceso al desarrollo de habilidades y soluciones tecnológicas. Surge entonces la necesidad de desarrollar soluciones que se integren con las nuevas tecnologías en IA y AD para aportar en los procesos educativos.

Actualmente las técnicas de IA y los métodos de AD los que se puede acceder de manera libre podrían contribuir en los procesos educativos. Las herramientas de uso libre junto a servicios en los que se paga sólo por consumo son aspectos de consideración para dar soluciones a problemas en diferentes ámbitos.

En la presente investigación se propone el diseño de un prototipo de plataforma orientado a responder la siguiente pregunta: ¿Cómo la IA y la AD integradas en una plataforma de bajo costo, pueden contribuir a la personalización del aprendizaje, mejoras en el rendimiento académico o en otros procesos educativos como la comunicación y la motivación de la población específica de un colegio de Bogotá?

El presente documento tiene una revisión de usos de la IA y la AD en el contexto educativo a nivel general, casos y estudios sobre plataformas educativas, contexto social, y aspectos legales y éticos asociados al uso de la IA y la AD. En la parte metodológica se exponen el enfoque y el alcance, se identifica la población y se selecciona una muestra;

además, se describen las fases y los instrumentos de la investigación, por último, se definen las técnicas para el análisis de la información. En el trabajo de campo se exponen los procesos realizados a los datos, se analizan y se comparan los resultados de los diferentes instrumentos. Se plantea una solución teniendo en cuenta la información recogida y analizada, se muestra la situación actual, las necesidades, oportunidades y los elementos de la propuesta. Se realiza un análisis de costos y se exponen las características de la solución planteada.

Objetivos

Objetivo general

Proponer un diseño de un prototipo de una plataforma Educativa Innovadora para el Colegio Mayor de Gales en Bogotá.

Objetivos específicos

1. Identificar las necesidades y expectativas de padres, estudiantes y docentes del colegio Colegio Mayor de Gales de Bogotá utilizando herramientas tecnológicas.
2. Plantear soluciones que integre técnicas de IA y AD, orientado a atender las necesidades y expectativas de los estudiantes y docentes del colegio optimizando el proceso de enseñanza-aprendizaje.
3. Realizar un análisis de costos para la implementación de las soluciones seleccionadas, garantizando su viabilidad económica y sostenibilidad a largo plazo.
4. Realizar la propuesta del diseño de un prototipo de una plataforma Educativa Innovadora para el colegio Colegio Mayor de Gales de Bogotá.

Justificación

La inteligencia de negocios apoyada en tecnologías de la AD y la IA, en los últimos años han cobrado gran relevancia para formular y responder preguntas cruciales que facilitan la toma de decisiones. En el ámbito educativo, han surgido términos similares que se centran específicamente en la toma de decisiones en contextos académicos. Sin embargo, en ciertos sectores, resulta complicado destinar recursos humanos o económicos para el desarrollo e implementación de las herramientas necesarias en los diversos componentes de los procesos de inteligencia de negocios.

Generalmente, las herramientas fruto de los avances tecnológicos toman bastante tiempo en llegar a instituciones educativas secundarias o de niveles inferiores, aún más en instituciones que atienden poblaciones de estratos económicos medios o bajos. La baja adopción de herramientas tecnológicas en los procesos educativos limita la posibilidad de personalizar la educación o atender necesidades específicas. De allí la importancia de encontrar soluciones tecnológicas accesibles económicamente y que permitan satisfacer las necesidades de los actores en los procesos educativos.

Los nuevos desarrollos teóricos en métodos analíticos, como técnicas para análisis de datos educativos, y en IA, como modelos generativos, pueden ser adaptados para contribuir a mejorar los procesos educativos a nivel general o para identificar casos específicos que requieran ser evaluados. Estos avances pueden ser implementados en plataformas de bajo costo que beneficien diferentes tipos de colegios.

Una plataforma educativa que recopila datos relacionados de la interacción de los usuarios, el progreso del estudiante y la eficacia de las estrategias en las actividades de los docentes permite obtener información valiosa sobre el proceso de los estudiantes. Esta información puede ser usada para desarrollar modelos que permitan identificar patrones de aprendizaje, adaptar estrategias de enseñanza, ofrecer retroalimentación

orientada a cada estudiante y monitorear desempeños. Por otro lado, los estudiantes pueden comprender mejor su proceso, identificar aspectos a mejorar y cualidades destacables de su proceso actual.

La IA y la AD ayuda a los directivos y docentes de los colegios a poder identificar áreas de mejora en el proceso de aprendizaje, a tener una visión general del desempeño de los estudiantes, a identificar tendencias y patrones y a tomar decisiones basados en los datos para la mejora continua. Por otro lado, la plataforma con la ayuda de IA y AD permite a los padres seguir en tiempo real el progreso académico de sus hijos, comunicarse más fácilmente con los docentes y recibir información relevante sobre las necesidades de sus hijos. Padres, docentes y directivos pueden realizar intervenciones personalizadas para cada estudiante basadas en los datos. Lo anterior permite mejorar el rendimiento académico, incrementando la satisfacción de padres y estudiantes frente al colegio. Los procesos de los docentes son más fáciles de gestionar en una plataforma en la que pueden hacer un mejor manejo de los recursos. En una plataforma los procesos de comunicación cuentan con los canales adecuados permitiendo mayor compromiso y colaboración de los actores involucrados.

Para el desarrollo de una solución tecnológica, como una plataforma, es esencial monitorear la interacción y el nivel de aceptación de los usuarios en diversas etapas del proceso. Por lo tanto, es crucial contar con un prototipo que permita validar y ajustar las funcionalidades implementadas de acuerdo con las necesidades de los usuarios.

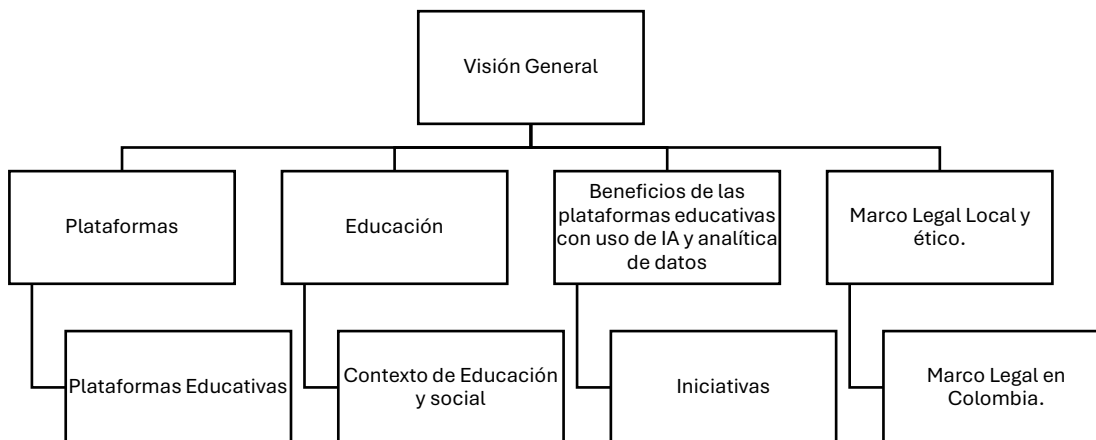
Marco Teórico

El desarrollo de esta investigación se enmarca en tres grandes campos; Educación, IA y AD. En este marco teórico primero se da una visión general y luego se enfoca en el uso de IA y AD en contextos educativos. Principalmente en niveles no universitarios y en poblaciones con características similares a la que será objeto de estudio. Por último, se revisan aspectos éticos y legales.

La estructura del desarrollo del marco teórico se presenta en el mapa conceptual de la Figura 1.

Figura 1

Mapa conceptual: Marco teórico



Nota. Elaborado por el autor. El marco teórico tiene 4 dimensiones, que son profundizadas en el último nivel del mapa.

Visión General

Holmes & Tuomi (2022), presentan un estado del arte de los desarrollos hasta ese momento recientes en IA, su uso y expectativas en el campo de la educación, específicamente ellos proponen un listado de herramientas que pueden ser implementadas con foco en el estudiante:

- Sistemas de tutoría inteligentes

- Apps con IA
- Simuladores con IA
- Aplicaciones para apoyo a estudiantes con discapacidades
- Escritura de ensayos
- Chatbots
- Evaluación formativa automática
- Orquestadores de redes de aprendizaje
- Sistemas de tutoría basados en el diálogo
- Entornos de aprendizaje exploratorios
- Asistentes de aprendizaje permanente con IA

Holmes & Tuomi (2022) también proponen una serie de herramientas enfocadas en los docentes y en las instituciones, además ellos muestran un recorrido por cómo el crecimiento en el volumen de los datos ha producido mejoras significativas en la IA, pero exponen que, en el caso de la educación, la IA basada en el conocimiento y la experiencia humana desempeña un papel más relevante.

Plataformas

En la actualidad el uso de plataformas es transversal en diferentes contextos empresariales, existen aplicaciones que ayudan en la toma de decisiones en diferentes áreas. También es frecuente el uso de plataformas educativas, sobre todo a nivel universitario. Al Kurdi, Alshurideh, & Salloum (2020) realizan una investigación que tiene por objetivo determinar los factores que influyen en la aceptación de una plataforma, factores como la percepción de disfrutar la experiencia, la facilidad de uso entre otros fueron encontrados como influyentes en el análisis de los autores. En general, pero aún más cuando son plataformas en las que intervienen diferentes actores, es necesario medir cuáles serán los niveles de aceptación y que factores son influyentes.

Dans (2009) indica que las plataformas pueden proveer servicios de alojamiento de foros y distintas actividades que pueden incluir servicio de mensajería o de repositorio.

Además, él indica que en las plataformas educativas se pueden incluir una serie de funcionalidades que pueden ser potenciadas por el uso de código abierto.

Hay diferentes tipos de plataformas educativas, por ejemplo, Rodríguez (2005) propone una clasificación en tres tipos de plataformas; comerciales, software libre y de desarrollo propio. Rodríguez (2005) destaca tanto para las plataformas comerciales como las de Software libre la estabilidad y la fiabilidad. Por otro lado, expone factores importantes para las plataformas de desarrollo propio como; situaciones educativas concretas, investigación, independencia y optimización de costos.

Camacho & Sáenz (2020) exponen los resultados de una prueba piloto de la plataforma NAWOWA, destacan que la plataforma es fruto de un ejercicio reflexivo en el que las tecnologías de la información tienen un papel relevante. Ellos también mencionan que hay un acceso desigual a los recursos tecnológicos y que la apuesta pedagógica que realizaron con la plataforma no busca sustituir la presencialidad, sino que busca fortalecer la formación y estar preparados ante diferentes escenarios que impidan directamente tener procesos educativos presenciales.

Pinzón, Poveda, & Pérez (2015) presentan los resultados de una investigación sobre como enseñar probabilidad con recursos abiertos a estudiantes de secundaria haciendo uso de la plataforma Edmodo y evidenciaron alcances satisfactorios con el uso de la plataforma. Vale advertir que Edmodo cerró su servicio en 2022 y actualmente no es posible acceder a sus recursos.

La integración de las tecnologías de la información con el contexto educativo es un proceso que requiere constante revisión de conceptos y de fuentes (Cruz, Molina, & Valdiri, 2019). Ellos también proponen una serie de acciones que si bien son propuestas para una institución de educación superior se pueden aplicar al contexto de la presente investigación, las acciones se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Fases metodológicas Vigilancia Tecnológica

Fase	Etapas	Acciones
Planeación	Formulación	- Identificar unidades académicas. - Definir fuentes de información.
	Trabajo de Campo	- Determinar un plan de muestreo. - Diseñar y realizar entrevistas. - Transcribir las entrevistas.
	Análisis y construcción de fichas	- Consolidar notas sobre el trabajo. - Revisar la información de la etapa anterior. - Estudiar y priorizar necesidades.
		- Elaborar fichas de identificación
Monitoreo	Búsqueda de información	- Recopilar y clasificar la información bibliográfica. - Profundizar en las fuentes seleccionadas.
	Tratamiento y profundización de la información	- Diseñar y realizar encuestas. - Documentar las necesidades. - Autoevaluar y validar propuesta de soluciones.
Construcción de valor	Diseño de soluciones tecnológicas	- Determinar objetivos, productos y actividades de acuerdo a cada propuesta de solución.
	Diseño y desarrollo de estrategias y acompañamiento	- Establecer una propuesta de desarrollo para la formulación de las actividades.

Nota. Tomado de Acciones realizadas en el primer ciclo de Vigilancia Tecnológica por (Cruz, Molina, & Valdiri, 2019).

Educación y contexto social

López & Perry (2008) documentan las tendencias en desigualdad para América latina y la región, ellos mencionan explícitamente la mejora en la distribución de la educación como un activo que ayudaría a disminuir la desigualdad. Uno de los factores claves para disminuir la desigualdad social es la educación y el autor de este documento considera

que puede tener incluso más peso las medidas en la educación inicial que en la educación superior.

Bogotá es una ciudad de contrastes y el caso de la educación es un ejemplo para observarlo. En Bogotá se pueden encontrar reconocidas universidades del país e incluso de Latinoamérica, por otro lado, se pueden encontrar condiciones precarias de acceso a la educación en infraestructura y tecnología. García & Quiroz (2011) exponen en un estudio sobre la desigualdad económica y educación media en Bogotá las diferencias existentes entre la calidad de educación que recibe la población dependiendo de sus recursos económicos.

Las plataformas educativas junto con el internet juegan un importante papel en la distribución de los recursos educativos (Al Kurdi, Alshurideh, & Salloum, 2020). Aun cuando existan grandes inversiones para implementar tecnologías en los procesos educativos, falta evaluar el impacto que realmente tienen sobre los procesos a los que están apuntando desde los contextos pedagógico, didáctico y tecnológico (Caro & Flores, 2018).

Educación, Inteligencia Artificial y Analítica de Datos

Recientes avances en ramas de la Inteligencia Artificial como el aprendizaje profundo dejan sobre la mesa una serie de herramientas que pueden ser usadas en diferentes contextos. Muchos de los modelos de aprendizaje profundo pueden ser adaptados para contribuir a los procesos educativos. Son varias las ideas que surgen mediante el uso de Inteligencia Artificial, por ejemplo, Monroy (2023) propone validar el desarrollo de un sistema que permita implementar metodologías de aprendizaje adaptativo.

A parte de las metodologías ya aplicadas para mejorar los procesos educativos, los avances en modelos como los usados por ChatGPT permiten una amplia gama de aplicaciones (Yan et al. 2023).

A nivel del aprendizaje de herramientas de IA en primera infancia hay investigaciones que plantean la pertinencia de diversos enfoques, metodologías, contenidos y también los desafíos:

- Su, Ng, & Chu (2023) señalan como desafíos dentro de la alfabetización de la Inteligencia Artificial la falta de habilidades, conocimientos e incluso confianza que tengan los docentes en el uso de dichas herramientas.
- Williams (2018) analiza un conjunto de herramientas para que niños de entre 4 y 6 años interactúen y aprendan sobre IA.
- Druga, Christoph, & Ko (2022) realizan un estudio en el que diseñan una serie de actividades para que los padres ayuden a sus hijos a conocer herramientas de la Inteligencia Artificial que los ayude a potenciar sus habilidades.

Chen, Xie, Zou, & Hwang (2020) realizan una exhaustiva revisión literaria, aunque no incluye avances recientes en algunos campos como los modelos de lenguaje natural, logra exponer diversos conceptos y metodologías de importancia para esta investigación. Unos de los aspectos aclarados por Chen et al. (2020) son los términos usados en la industria y los términos adoptados para sus análogos en el caso del contexto educativo. Aunque en ocasiones se traten indistintamente se debe tener en cuenta la contención de las metodologías y modelos provenientes a los términos Inteligencia Artificial, Aprendizaje de Máquina y Aprendizaje Profundo como se muestra en la Figura 2.

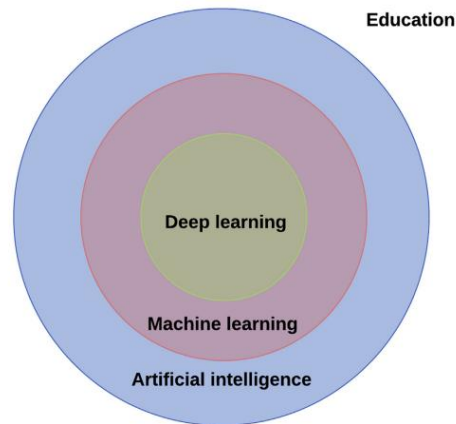
La Inteligencia Artificial en el contexto educativo, al igual que como sucede a nivel general, está cerca de otros campos como la estadística y las ciencias de la computación. Específicamente en el contexto educativo aparecen términos relacionados con estos dos últimos, por ejemplo, Learning Analytics y Educational Data Mining.

Asociado a Learning Analytics, Baepler & Murdoch (2010) realizan un ensayo en el que vinculan conceptos de minería de datos con educación y sugieren técnicas que podrían ser útiles para quienes practican la enseñanza y que, por ejemplo, pueden

ayudar a identificar estudiantes que fallan sistemáticamente en pruebas de selección múltiple o aquellos que muestran baja motivación.

Figura 2

Inteligencia Artificial, Aprendizaje de Máquina y Aprendizaje profundo



Nota. Tomado de “Concepts of AIEd from broad and narrow perspectives” por (Chen, Xie, Zou, & Hwang, 2020). Originalmente publicado en “Efficient processing of deep neural networks: A tutorial and survey” por (Chen, Sze, Yang, & Emer, 2017).

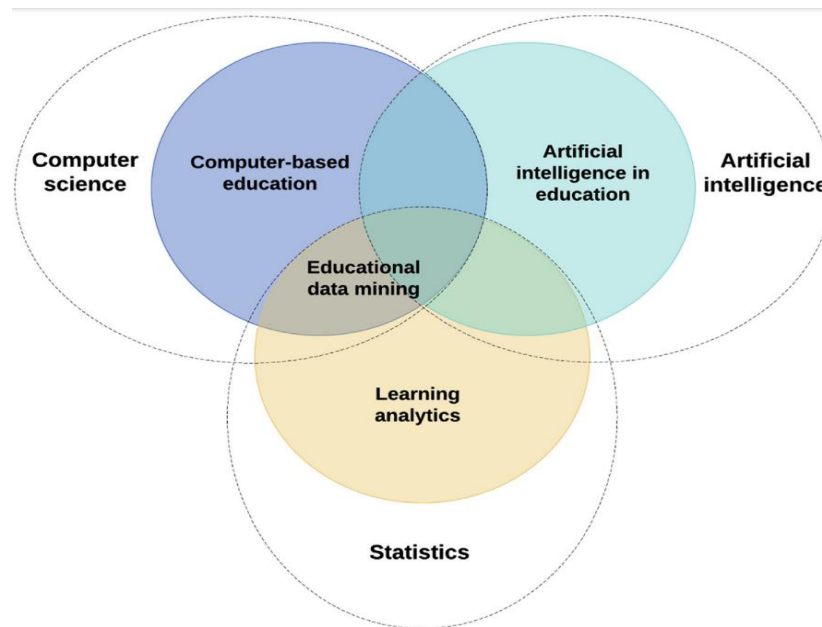
Por otro lado, Educational Data Mining consiste en el análisis de diferentes tipos de datos relacionados con educación usando algoritmos estadísticos, de aprendizaje de máquina o de minería de datos (Romero & Ventura, 2010).

La intersección de los términos ciencias de la computación, estadística, Inteligencia Artificial y conocimiento específico del área, en el contexto educativo, definirían el concepto de científico de datos en educación. Si bien este término no es frecuente en la bibliografía, la Figura 3 sirve para entender las relaciones entre los términos.

Magallanes, Plúas, Aguas, & Freire (2023) examinan el uso de la IA en la innovación educativa, ellos describen algunas metodologías en la misma dirección de otros autores presentados en esta sección, específicamente en Magallanes, et al. (2023) mencionan sistemas de recomendación, Chatbots, realidad virtual entre otras.

Figura 3

Inteligencia Artificial, Learning Analytics y Educational Data Mining



Nota. Tomado de “The relationship between AIEd, EDM, CBE, and LA” por (Chen, Xie, Zou, & Hwang, 2020). Originalmente publicado en “Data mining in education” por (Romero & Ventura, 2013) .

Legal y ética

Son muchas las herramientas de IA y enfoques de analítica que pueden ser llevados al contexto de los procesos educativos para suplir las necesidades que se pueden encontrar. Sin embargo, se deben tener en cuenta los aspectos éticos y el marco legal, por ejemplo, el artículo 15 el derecho de protección de datos personales y el artículo 7 de la (Ley 1581, 2012) de tratamiento de datos de niños, niñas y adolescentes. A nivel global educativo (Mhlanga, 2023) propone una serie de recomendaciones sobre el uso adecuado de herramientas dispuestas por OpenAI.

Alrededor de las preocupaciones sobre los beneficios del uso de modelos de lenguaje natural, debe estar la participación de las partes interesadas ya que con sus puntos de

vista se puede orientar innovaciones basadas en modelos de lenguaje grande (Large Language Model LLM) (Yan, y otros, 2023).

La AD aplicada al contexto educativo busca comprender la información recogida para la experiencia del aprendizaje, esto revela cuestiones éticas y de privacidad que está relacionadas con confianza, transparencia y responsabilidad (Pardo & Siemens, 2014).

Potgieter (2020) sostiene que, asociados a los beneficios de la AD en el contexto educativo, se encuentran riesgos que pueden afectar la privacidad. Esto debe ser un aspecto aún de mayor consideración cuando se trata de menores.

Hipótesis

La presente investigación busca explorar el potencial de la IA y la AD para disminuir la brecha digital en contextos educativos de bajos y medios recursos. A partir de la revisión de la literatura, se han formulado las siguientes hipótesis en el contexto de la población objetivo:

1. El uso de AD para la toma de decisiones en el contexto educativo es bien recibido e impactaría positivamente en la satisfacción de padres, estudiantes y docentes.
2. La implementación de técnicas aprendizaje automático, profundo o específicamente de procesamiento de lenguaje natural en la comunicación, retroalimentación, aprendizaje o evaluación en colegios tiene beneficios en los procesos educativos que son identificados por padres, estudiantes y docentes.

Variables

Se realiza un análisis mixto, se incluyen instrumentos cuantitativos y cualitativos. Con el enfoque cualitativo se busca entender las expectativas, perspectivas y experiencias de los actores en el proceso educativo. Se usan métodos como entrevistas y grupos focales. Por otro lado, en el enfoque cuantitativo por medio de encuestas y análisis estadísticos se busca establecer relaciones entre variables generar conocimiento de la población. Las primeras cinco variables se obtienen de instrumentos cualitativos y cuantitativos orientados a la recolección de la información que permita identificar las percepciones de los actores en el proceso educativo. Por último, se contemplan dos variables relacionadas con los costos asociadas al funcionamiento y desarrollo de la plataforma, en este caso los análisis son resultado de búsqueda de las opciones adecuadas para las soluciones planteadas en el diseño del prototipo de plataforma.

1. **Acceso a recursos tecnológicos orientados a la educación para los estudiantes:** Se evalúa la disponibilidad y uso de recursos tecnológicos que los estudiantes puedan utilizar en su proceso educativo. Los recursos incluyen: dispositivos, programas informáticos, aplicaciones, acceso a Internet u otras herramientas tecnológicas. El propósito de esta variable es identificar el nivel de acceso y la utilización de los estudiantes a herramientas que apoyen el aprendizaje.
2. **Facilidad del uso de la tecnología por parte de los estudiantes:** Mide la destreza y comodidad de los estudiantes al utilizar herramientas tecnológicas en su educación. Se consideran aspectos como el uso de internet, programas o herramientas ofimáticas, el manejo de plataformas educativas, la búsqueda y selección de información. Se realizan observaciones en el aula.

3. **Acceso a la información académica de parte de los padres:** Se evalúa la capacidad que tienen padres o acudientes para obtener información relevante sobre el proceso académico de sus hijos, incluyendo calificaciones, asistencia, tareas. Se tiene en cuenta la frecuencia, facilidad de acceso y comprensión de los canales.
4. **Comunicación de los padres con los docentes:** Se evalúa la comunicación mediante conversaciones, correos electrónicos y medios utilizados para discutir el progreso académico, inquietudes o necesidades de los estudiantes. Se tiene en cuenta la frecuencia y facilidad para acceder a los medios de comunicación.
5. **Uso de herramientas tecnológicas por parte de los docentes:** Se evalúa la incorporación de tecnología por parte de los docentes en los métodos de enseñanza, sobre todo plataformas en línea y aplicaciones educativas. Se consideran diferentes tipos de herramientas y se analiza la intensidad y el uso de las tecnologías.

Por otro lado, las variables relacionadas con los costos tienen las siguientes definiciones:

6. **Costos de Desarrollo:** Se analizan los costos asociados hasta la implementación de la plataforma. Sin embargo, se excluye de esos gastos los relacionados con la elaboración del presente documento y derivados del mismo.
7. **Costos Operativos:** Se analizan los gastos recurrentes para el uso de la plataforma, se debe considerar alojamiento o servicios para la puesta en producción y el mantenimiento.

Para estas dos variables se realizará un presupuesto de los costos de desarrollo teniendo en cuenta el prototipado y el desarrollo de la plataforma también se establecerá un costo asociado al uso por estudiante o docente.

Metodología

A continuación, se detallan los elementos metodológicos que permitirán alcanzar el objetivo de diseñar un prototipo de plataforma acorde a las necesidades de la comunidad educativa analizada.

Enfoque y alcance de la investigación

El enfoque de la investigación es mixto, se tienen métodos cuantitativos y cualitativos para identificar las necesidades más relevantes de los actores a los que estará enfocada la plataforma. Por medio de encuentros presenciales o a través de videollamadas se permitirá que algunos de los actores presenten sus puntos de vista, sus opiniones y percepciones sobre aspectos que posteriormente serán contemplados en el desarrollo de la plataforma. Del lado cuantitativo se realizan encuestas que permitan recopilar datos que luego serán procesados para decidir sobre la elección de las soluciones.

El alcance propuesto es exploratorio, se busca introducir tecnologías innovadoras de bajo costo en el campo de la educación a nivel primaria o secundaria. A nivel general no se encuentra información sobre estudios similares, a nivel local y con la restricción de costos no se encontró un planteamiento como el que se propone. Se está recopilando información cualitativa que permita visualizar las perspectivas de los usuarios y se trata de una fase inicial que pueda dar paso al desarrollo y comercialización de la propuesta.

Se considera un diseño transversal exploratorio que busca conocer la visión actual de los que serían usuarios de la propuesta a implementar. No hay manipulación de las variables en el único punto de la observación, aunque se espera que el desempeño en las variables mejore con la propuesta entregada no se incluye un análisis post desarrollo.

Población y muestra

Aunque el universo es la comunidad de colegios de Bogotá o alrededores de estrato 2 o 3. La población se refiere a un grupo específico de estudiantes del colegio seleccionado.

En principio, se realiza una selección por conveniencia de algunos padres para entender el contexto. Según lo plantea Navarrete (2000) el muestreo por conveniencia se puede usar para acercarse al objeto de estudio.

Para delimitar el alcance de lo que será la propuesta de plataforma se realiza una delimitación de la población en el que el autor delimitó, junto con profesores del colegio seleccionado, los siguientes criterios conceptuales:

- Experiencia con aplicaciones.
- Acceso a tecnología.
- Diversidad de rendimiento académico.
- Dificultad con algunas asignaturas.
- Posibilidad de realizar una medición posterior del uso de la plataforma.

Teniendo en cuenta los criterios, la población objetivo son estudiantes de grado décimo del colegio seleccionado. De los 44 estudiantes se seleccionan para aplicar una batería de preguntas dicotómicas al menos 31 estudiantes para garantizar un error menor del 10% con nivel de confianza del 95%. Adicional con todos los estudiantes se realizan sesiones. La **Ecuación 1** fue utilizada para el cálculo del tamaño de la muestra.

Ecuación 1

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N-1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}$$

En la expresión N corresponde al tamaño de la población; $1 - \alpha$ es el nivel de confianza; p, q son respectivamente la probabilidad de éxito o fracaso denotados en las respuestas como 1 y 0 respectivamente; e es el máximo error de estimación permitido.

Dado que son varias preguntas dicotómicas las que se van a realizar y que en principio se desconocen las probabilidades de éxito o fracaso, ambas se consideran como 50% lo que garantiza tener un error menor al valor seleccionado. El valor resultante es redondeado hacia arriba. En la Tabla 2 se exponen los resultados.

Tabla 2

Estimación del tamaño de muestra

N	44	Numerador	42.26
alpha	5%	Denominador	1.39
p	50%		
q	50%	n (sin redondear)	30.39
e	10%		
		n (ceil)	31
Z alpha/2	1.96		

Nota. Elaborado por el autor, hoja de Excel que permite realizar las estimaciones del tamaño de muestra para poblaciones finitas.

La muestra seleccionada garantizará un error menor sobre la población definida como objetivo, sin embargo, se construirán intervalos de confianza a nivel general que pueden ser usados teniendo en cuenta ciertas consideraciones que más adelante serán mencionadas.

Fases

La primera fase inició con la identificación de la o las instituciones y los actores que serán encuestados o entrevistados, incluirá el análisis de los datos recopilados, la consolidación de estos y la identificación de las necesidades de la población objetivo.

La segunda fase empieza con el planteamiento de las soluciones a ser consideradas, se incluye la elección de algunas de ellas para ser incorporadas en el prototipo y finaliza con la obtención y optimización de los costos.

La tercera y última fase comienza con la selección de marcos de trabajo para el desarrollo del prototipo y culmina con la presentación del prototipo a la o las instituciones que participaron como colaboradores y el plan de implementación.

Instrumentos

Para obtener información pertinente y confiable que respalde el desarrollo y la evaluación del prototipo de plataforma educativa propuesta, los instrumentos de recolección de datos bajo el enfoque de investigación mixto resultan cruciales. Los enfoques mixtos brindan mayor amplitud, diversidad y comprensión (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2008); los aspectos anteriores son relevantes para lograr los objetivos propuestos en esta investigación.

Dentro del análisis cualitativo los focus group han venido siendo considerados y cobrando importancia en áreas como la educación según lo mencionan (Freitas, Oliveira, Jenkins, & Popjoy, 1998). Ellos también mencionan que la técnica tiene “validez aparente” si el método ha utilizado un problema adaptado para la investigación. En este caso se han realizado cinco encuentros de los cuales, cuatro han sido con la población objetivo y uno inicial con los padres de estudiantes menores de 10 años cuando no estaba definida aún la población objetivo.

Siguiendo lo recomendado por Masadeh (2012) en cada caso el ambiente es propicio para que los participantes se sientan cómodos y la duración de las sesiones está entre los 30 y 45 minutos.

Instrumento para Focus Group 1: Guiado por el autor de este trabajo, con cuatro participantes, padres de niños menores de 10 años. Sesión de aproximadamente 30 minutos realizada de manera virtual. La sesión se orientó a conocer las expectativas que tienen los padres a la hora de ubicar un colegio, que les molestó durante ese proceso y en conocer la forma en la que interactúan con el colegio actual. Se plantearon 4 preguntas que dirigieron la sesión:

- ¿Qué influyó para decidirse por un colegio?
- ¿Qué no le gustó en su búsqueda de colegio?
- ¿Qué le disgusta en la forma en la que interactúa con el colegio?
- ¿Qué herramientas le gustaría para interactuar con el colegio?

En esta sesión se buscó entender desde las perspectivas de los padres factores que les ocasiona disgustos o que les gustaría tener. El objetivo era no mostrar en principio ninguna propuesta ni relacionarlo directamente con tecnología. La sesión tuvo espacios para responder a las preguntas de manera escrita escuchando música en un tono moderado, haciendo aclaraciones y dedicando también un espacio para leer las opiniones de los participantes.

Instrumento para Focus Group 2: Guiado por el autor de este trabajo y un docente, dos sesiones con los estudiantes de dos grupos de grado décimo del colegio seleccionado. Sesiones de aproximadamente 30 minutos realizada de manera presencial en el colegio. La sesión se orienta a conocer acceso a recursos tecnológicos y facilidad de uso de herramientas por parte de estudiantes. Las siguientes preguntas orientaron la sesión:

- ¿Qué ha escuchado acerca de IA y AD?
- ¿De las aplicaciones que usa, cuáles considera que usan IA?
- ¿De las aplicaciones que usa, cuáles considera que usan Analítica de datos?
- ¿Cree que la IA y AD pueden ayudar en su proceso formativo? ¿Cómo?
- ¿De las aplicaciones que usa de carácter educativo, cuáles considera que usan IA o AD?
- ¿Qué herramientas de IA y AD considera que podrían incorporarse en una aplicación educativa?
- ¿Qué temas serían de interés para el contenido de una aplicación educativa?

La sesión tuvo espacios para responder a las preguntas de manera oral y también un espacio para realizar aclaraciones.

Instrumento para Focus Group 3: Guiado por el autor de este trabajo y un docente, dos sesiones con los estudiantes de dos grupos de grado décimo del colegio seleccionado. Sesiones de aproximadamente 30 minutos realizada de manera presencial en el colegio. La sesión se orientó a conocer la opinión de los estudiantes frente a una propuesta de plataforma con herramientas de AD y uso de la IA. Las siguientes preguntas orientaron la sesión:

- ¿Qué opina de que se contabilice el tiempo de uso e interacción de la aplicación?
- ¿Qué opina de que la aplicación tenga un chatbot con IA que le ayude a solucionar algunas dudas sobre temas específicos y orientado por un material autorizado por el colegio?
- ¿Cree que el chatbot podría reemplazar a un tutor o profesor?
- ¿Qué opina del uso de herramientas como el Notebook de Colab que permiten poner en práctica lo aprendido? (Colab: herramienta disponible gratuita para programar en Python)
- ¿Cree que el contenido mostrado expone claramente los conceptos?

La sesión tuvo espacios para responder a las preguntas de manera oral y también un espacio para realizar aclaraciones.

Batería de preguntas: Para las preguntas realizadas a docentes del colegio y para la batería de preguntas realizadas a estudiantes y a sus padres se usó el criterio v de Aiken para validar la encuesta y el cuestionario de la entrevista. Las versiones finales de las preguntas, los ítems iniciales, las validaciones y los resultados de los evaluadores se pueden encontrar en los anexos Instrumentos.

Técnicas para el análisis de la información

Teniendo en cuenta que el enfoque de la investigación es mixto se realizan técnicas a nivel cuantitativo y cualitativo. Los procesamientos y análisis se realizarán en Python y se

usaran las herramientas de Google; se utilizó Colab para realizar los análisis con Python y R; en algunos casos se utilizó herramientas de IA, generalmente modelos de lenguaje natural como los usados por Gemini, el bot conversacional de Google.

A nivel cuantitativo se realizó un análisis estadístico descriptivo que consiste en la revisión de las distribuciones de las respuestas para cada una de las preguntas dicotómicas realizadas, son usados gráficos de barras o tortas. Se realizan pruebas de hipótesis estadísticas para evaluar premisas relacionadas con las variables de interés. Por último, se realiza un análisis de correspondencias múltiples y se interpretan los resultados en términos de las variables de interés.

A nivel cualitativo, siguiendo las recomendaciones en Lopezosa, Goyanes, & Codina (2024), se usará Gemini para realizar algunas de las tareas a nivel de procesamiento de audio a texto y luego para lematizar, se aclara que el proceso realizado por la herramienta de IA es supervisado por el autor de este trabajo escuchando los audios de la información recolectada y contrastándola con los resultados del análisis. El procesamiento de la información cualitativa se realiza como paso previo a un análisis de contenido y uno temático.

Por último, se realiza una triangulación de datos para contrastar los resultados de los análisis cualitativos y cuantitativos y profundizar en las conclusiones.

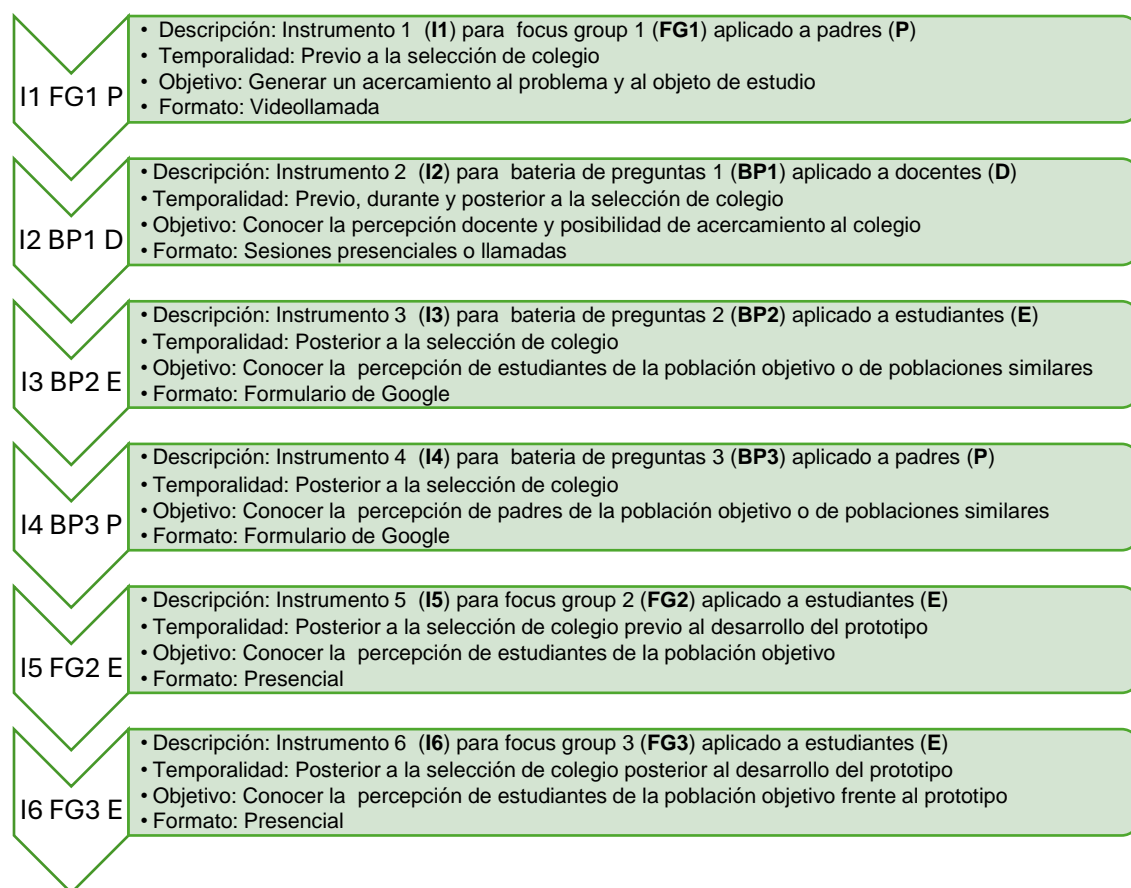
Trabajo de Campo

Como se describió en la metodología, el enfoque de la investigación es mixto, algunos de los métodos cualitativos fueron realizados presencialmente y otros a través de video llamadas. Para el caso de los métodos cuantitativos se usó formularios de Google para recoger la información que luego fue analizada en Colab con Python y R.

A continuación, se presenta el orden en que fueron aplicados los instrumentos para la recolección de la información:

Figura 4

Descripción de instrumentos aplicados



Nota. Elaborado por el autor. Para revisar las preguntas correspondientes las baterías de preguntas ver Tabla 9.

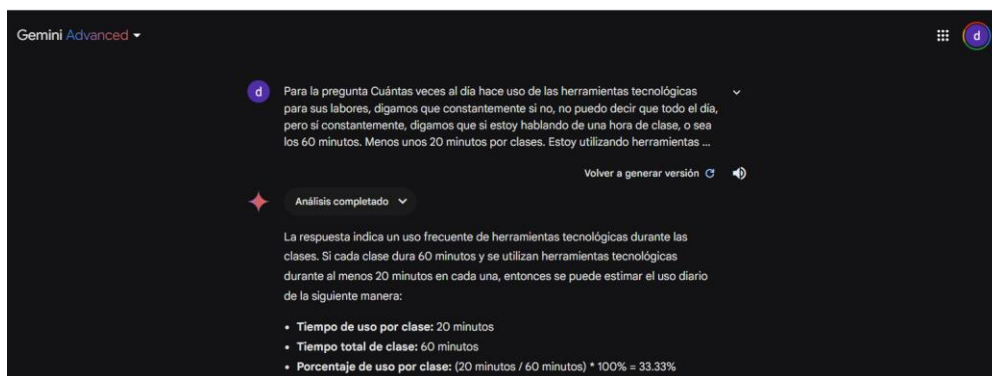
Procesamiento de los datos

En el caso de los instrumentos cuantitativos los datos quedan tabulados directamente en la forma de Google y luego son cargados en Colab para realizar los análisis.

Para el análisis cualitativo, el primer paso fue obtener la transcripción de las respuestas, en el caso de las videollamadas, la transcripción se obtiene automáticamente. Para los ejercicios presenciales o las entrevistas con registro de grabación se realizó un proceso de transcripción inteligente con ayuda de Gemini. Un ejemplo se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Transcripción Inteligente



Nota. Elaborado por el autor. Cuenta de Gemini Advanced del autor.

Se realizó validación de las transcripciones y en otros casos la transcripción fue totalmente manual. En la Tabla 3 se exponen los instrumentos cualitativos con su procesamiento.

Tabla 3

Tipo de transcripción por instrumento

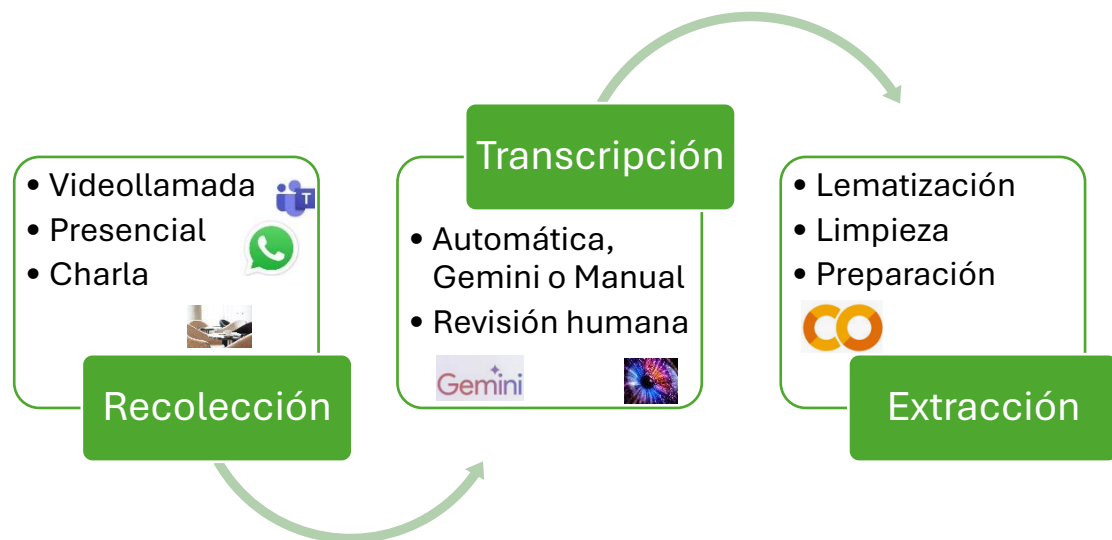
Instrumento	Tipo Transcripción
I1 FG1 P	Generada automáticamente por Teams
I2 BP1 D	Gemini para extracción de aspectos relevantes.
I5 FG2 E	Manual y/o Gemini para extracción de aspectos relevantes.
I6 FG3 E	Manual y/o Gemini para extracción de aspectos relevantes.

Nota. Elaborado por el autor.

También se usó herramientas de visualización de lenguaje natural. En la Figura 6 se muestra el procesamiento general para los instrumentos cualitativos:

Figura 6

Procesamiento información cualitativa



Nota. Elaborado por el autor. La cuenta de teams usada para los focus group fue institucional. Las herramientas de Google como Colab, Gemini entre otras son propias del autor.

Análisis de resultados

Primero se realizó el análisis de los resultados de cada instrumento por separado y luego una triangulación de datos. El instrumento **I6 FG3 E** fue aplicado posterior a la realización del primer prototipo para encontrar retroalimentación, por lo tanto, su análisis es presentado en una sección posterior.

En adelante el análisis, discusión o menciones sobre las variables se hará teniendo en cuenta la Tabla 10 y en el caso de las preguntas se seguirán los códigos en la Tabla 9.

Análisis de resultados I1 FG1 P

Con este primer instrumento se buscó un acercamiento al objeto de estudio; el objetivo fue proponer unas situaciones en las que probablemente los padres podrían asociar soluciones basadas en AD o IA. Al analizar el video y la transcripción de la sesión se destacan los siguientes temas relevantes junto con unas frases relacionadas y su respectivo análisis:

En la búsqueda de colegio, los padres expresaron frustración por:

- La falta de información clara y accesible sobre los colegios, incluyendo su oferta educativa, nivel académico, ubicación, etc.
- La dificultad para filtrar y comparar colegios según criterios relevantes para ellos y sus hijos.
- La falta de transparencia en procesos de admisión, especialmente en colegios públicos.
- La ausencia de canales de comunicación efectivos con los colegios para resolver dudas y obtener información.

Se evidencia que existen falencias tecnológicas en los colegios a los que pudieran acceder los padres en su búsqueda de colegios.

Figura 7

Nube de palabras I1 FG1: Búsqueda de colegio



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

En la nube de palabras destaca la palabra “falta” y términos como “información” y “accesible” que están ligados también aparecen.

En la interacción con el colegio actual, los padres manifestaron:

- a. La necesidad de una comunicación más fluida y constante con los docentes, más allá de la entrega de notas.
- b. La falta de plataformas digitales amigables y fáciles de usar para el seguimiento del progreso de sus hijos.
- c. El desconocimiento sobre la cantidad de alumnos por aula y la formación del profesorado.
- d. La necesidad de una mayor personalización en la enseñanza y atención a las necesidades individuales de los estudiantes.

En primer lugar, se menciona una necesidad de comunicación padres-docentes que, aunque a veces se puede dar por medio de canales no oficiales lo ideal es que la comunicación se dé por medio de un canal propio de la institución en el que se garantice la privacidad de todas las partes. Por otro lado, aparece un requerimiento para las plataformas en términos de facilidad de uso. También se plantea la necesidad de una personalización en la enseñanza que en algunos casos puede ser complicada por la cantidad de estudiantes, pero que a través de recursos tecnológicos puede tener una solución. Respecto a la variable **V4** se exponen necesidades que pueden ser satisfechas al menos en parte por soluciones tecnológicas.

Figura 8

Nube de palabras I1 FG1: Interacción con colegio



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

En la nube de palabras y en relación con las variables de estudio destacan los términos “necesidad”, “digital”, “plataforma”, “constante”.

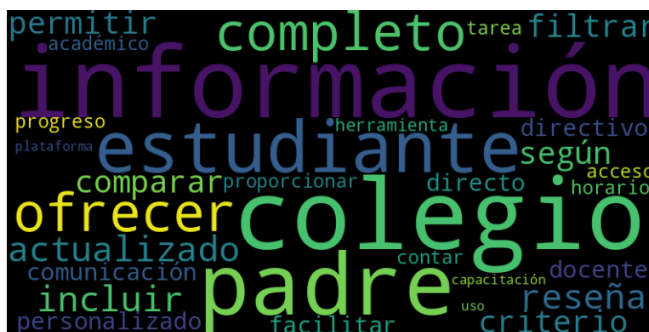
Los padres sugirieron que una plataforma educativa ideal debería:

- e. Ofrecer información completa y actualizada sobre los colegios, incluyendo reseñas de otros padres.
- f. Facilitar la comunicación directa con docentes y directivos.
- g. Proporcionar acceso a información sobre el progreso académico de los estudiantes, horarios, tareas, etc.
- h. Contar con herramientas de capacitación para padres y estudiantes en el uso de la plataforma.

Aspectos como la comunicación, el acceso a la información sobre el proceso educativo y capacitaciones sobre uso de la posible solución tecnológica aportan a las mediciones de las variables **V1**, **V2**, **V3** y **V4**.

Figura 9

Nube de palabras I1 FG1: Sugerencias para la plataforma



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

En la nube de palabras y en relación con las variables de estudio destacan los términos “información”, “actualizado”. Los términos “padre”, “estudiante”, “colegio” aparecen como parte de la interacción de estos actores en la plataforma.

Análisis de resultados I2 BP1 D

Este instrumento fue aplicado a dos docentes, con uno de ellos fue una sesión no grabada y con el otro hay grabaciones de las respuestas. A continuación, se exponen algunas de las ideas frente a cada una de las preguntas realizadas teniendo en cuenta los códigos en Tabla 9.

1. ***¿Ha hecho uso de herramientas de AD que permitan seguir el proceso académico de sus estudiantes?*** Los docentes han hecho uso de programas o software relacionado con AD para dar seguimiento a procesos educativos a nivel descriptivo, se menciona específicamente por uno de los docentes Python y por el otro Excel y Power BI.
2. ***¿Qué opinión tiene del uso de tecnologías de la información en la institución educativa?*** Los docentes consideran adecuado el uso de tecnología en la educación, pero advierten de la necesidad de un manejo responsable para aprovechar y evitar estigmatizaciones.
3. ***¿Cómo percibe el uso de herramientas de a AD o IA que ayuden a los padres a conocer el proceso educativo de sus hijos cuando la comunicación directa con los docentes no puede ser constante?*** Los docentes consideran oportuno el uso de herramientas en la comunicación con los padres, sin embargo, uno advierte sobre la necesidad de mantener actualizada la información y el otro considera que el uso de la tecnología debe ser acompañado en mayor medida por la interacción directa e incluso en algunos casos presencial entre padres y docentes.
4. ***¿Cuántas veces al día hace uso de herramientas tecnológicas para sus labores?*** Los dos docentes expresan uso recurrente de herramientas tecnológicas en sus labores diarias.
5. ***¿Le interesaría participar en pruebas de desarrollo de una aplicación?*** Ambos docentes expresan su interés por participar en el desarrollo de la propuesta.
6. ***¿Cuál es la importancia que tienen las herramientas tecnológicas en la actividad docente?*** Los docentes coinciden en que las herramientas tecnológicas potencian y enriquecen los métodos de enseñanza.

Algunos docentes ven con algo de desconfianza el uso de herramientas tecnológicas basadas en IA o la extracción de conclusiones basadas en datos. Como anécdota, durante una de las visitas al colegio, previo al encuentro con los estudiantes se observó

en el tablero del salón una tarea que un docente había dejado copiada y al final señalaba “No usar ChatGPT”, una pequeña charla con los estudiantes reveló que algunos docentes promovían el no uso de este tipo de tecnologías.

Este instrumento apunta a las variables **V4** y **V5**, en el caso de la comunicación docentes-padres, desde la perspectiva de los docentes se evidencia que esto puede suponer cargas laborales adicionales por la necesidad de mantener información actualizada y por el acompañamiento presencial que en algunos casos también es necesario. Por otro lado, respecto al uso de herramientas tecnológicas parece existir una relación entre el campo del docente y su perspectiva frente al uso de herramientas tecnológicas; aunque esta hipótesis no fue validada porque no hace parte del objetivo de este trabajo, parece que docentes de áreas como ciencias y tecnologías son más adeptos a este tipo de iniciativas que docentes de áreas como, por ejemplo, ciencias humanas o artes.

Para los análisis correspondientes a los instrumentos **I3 BP2 E** e **I4 BP3 P**:

1. Se muestra un análisis de las respuestas a cada una de las preguntas; se incluye gráfico de torta con los porcentajes de afirmación o negación a la pregunta, los respectivos intervalos de confianza a nivel de la población de estudio, y los intervalos de confianza en caso de generalizar a otra población con características similares.
2. Se expone el análisis de correspondencias múltiples; con este último se busca identificar las asociaciones existentes entre las categorías de las preguntas y en este caso entender la relación de las preguntas con las variables de interés.

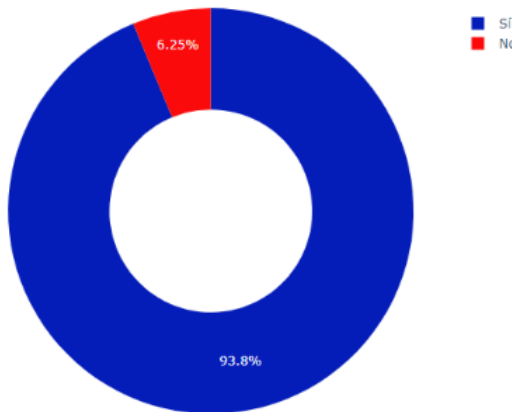
Análisis de resultados I3 BP2 E

Este instrumento correspondiente a las preguntas **11** a **15** con los códigos en Tabla 9, fue aplicado a los estudiantes de la población para medir las variables **V1** y **V2**.

11. **¿Usa al menos una vez por semana algún recurso tecnológico relacionado con su proceso educativo?** Aproximadamente el 94% de los estudiantes consultados respondió afirmativamente y los intervalos de confianza en todos los casos muestran niveles que el porcentaje de afirmación estaría por encima del 79%

Figura 10

Distribución porcentual P11



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

Figura 11

Intervalos de Confianza P11

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
With finite population correction: N = 44
```

```
Proportion estimate: 0.9375  
Standard error: 0.0227
```

```
95% approximate confidence interval:  
proportion: [0.893,0.982]  
number in population: [40,43]  
95% exact hypergeometric confidence interval:  
proportion: [0.8409,0.9545]  
number in population: [37,42]
```

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
Without finite population correction: N = Inf
```

```
Proportion estimate: 0.9375  
Standard error: 0.0428
```

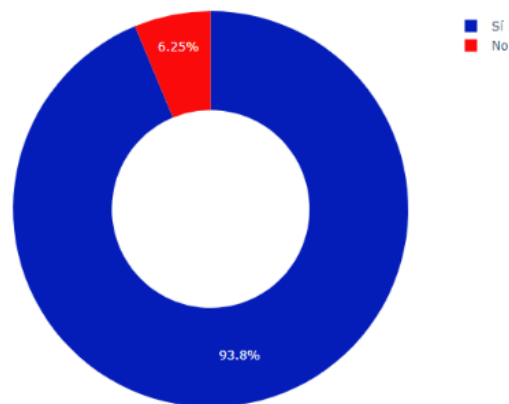
```
95% asymptotic confidence interval:  
proportion: [0.8536,1.0214]  
95% asymptotic confidence interval with correction by Wilson:  
proportion: [0.7985,0.9827]  
95% exact confidence interval by Clopper-Pearson:  
proportion: [0.7919,0.9923]
```

Nota. Elaborado por el autor en Colab con R. Parte izquierda intervalos de confianza para la población específica (finita) con los errores cercanos a los límites propuestos; parte derecha los límites del intervalo de confianza para una población en general (tamaño de población teórico: infinito).

12. **¿Considera que tiene facilidad para acceder a una aplicación desde celular o computador?** Aproximadamente el 94% de los estudiantes consultados respondió afirmativamente y los intervalos de confianza en todos los casos muestran niveles que el porcentaje de afirmación estaría por encima del 79%. Aunque los porcentajes coinciden con los de la pregunta anterior no son las mismas unidades las que respondieron afirmativa y negativamente.

Figura 12

Distribución porcentual P12



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

Figura 13

Intervalos de Confianza P12

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
With finite population correction: N = 44
```

```
Proportion estimate: 0.9375  
Standard error: 0.0227
```

```
95% approximate confidence interval:  
proportion: [0.893,0.982]  
number in population: [40,43]  
95% exact hypergeometric confidence interval:  
proportion: [0.8409,0.9545]  
number in population: [37,42]
```

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
Without finite population correction: N = Inf
```

```
Proportion estimate: 0.9375  
Standard error: 0.0428
```

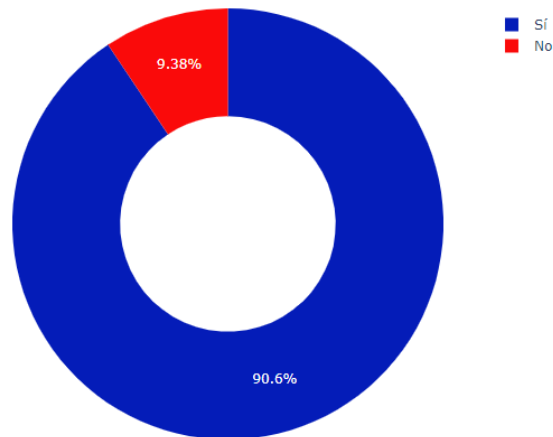
```
95% asymptotic confidence interval:  
proportion: [0.8536,1.0214]  
95% asymptotic confidence interval with correction by Wilson:  
proportion: [0.7985,0.9827]  
95% exact confidence interval by Clopper-Pearson:  
proportion: [0.7919,0.9923]
```

Nota. Elaborado por el autor en Colab con R. Parte izquierda intervalos de confianza para la población específica (finita) con los errores cercanos a los límites propuestos; parte derecha los límites del intervalo de confianza para una población en general (tamaño de población teórico: infinito).

13. **¿Considera que tiene facilidad para acceder a recursos tecnológicos como internet?** Aproximadamente el 91% de los estudiantes consultados respondió afirmativamente y los intervalos de confianza en todos los casos muestran niveles que el porcentaje de afirmación estaría por encima del 74%.

Figura 14

Distribución porcentual P13



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

Figura 15

Intervalos de Confianza P13

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
With finite population correction: N = 44
```

```
Proportion estimate: 0.9062  
Standard error: 0.0273
```

```
95% approximate confidence interval:  
proportion: [0.8527,0.9598]  
number in population: [38,42]  
95% exact hypergeometric confidence interval:  
proportion: [0.8182,0.9318]  
number in population: [36,41]
```

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
Without finite population correction: N = Inf
```

```
Proportion estimate: 0.9062  
Standard error: 0.0515
```

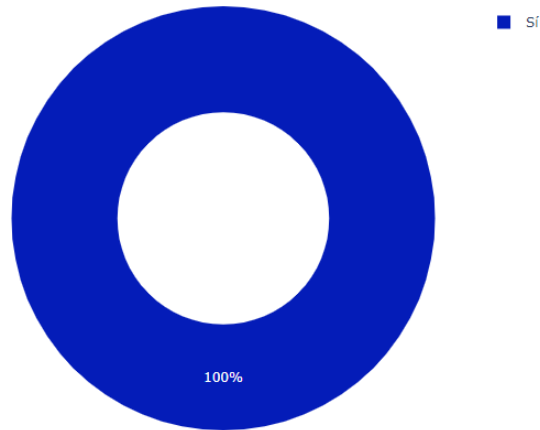
```
95% asymptotic confidence interval:  
proportion: [0.8053,1.0072]  
95% asymptotic confidence interval with correction by Wilson:  
proportion: [0.7578,0.9676]  
95% exact confidence interval by Clopper-Pearson:  
proportion: [0.7498,0.9802]
```

Nota. Elaborado por el autor en Colab con R. Parte izquierda intervalos de confianza para la población específica (finita) con los errores cercanos a los límites propuestos; parte derecha los límites del intervalo de confianza para una población en general (tamaño de población teórico: infinito).

14. **¿Considera que el uso de la tecnología influye de manera positiva en el ámbito de la educación?** En este caso todos los estudiantes consultados respondieron afirmativamente, los intervalos de confianza en todos los casos muestran niveles que el porcentaje de afirmación estaría por encima del 89%.

Figura 16

Distribución porcentual P14



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

Figura 17

Intervalos de Confianza P14

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
With finite population correction: N = 44
```

```
Proportion estimate: 1  
Standard error: NA
```

```
95% approximate confidence interval:  
proportion: [1,1]  
number in population: [44,44]  
95% exact hypergeometric confidence interval:  
proportion: [0.9318,1]  
number in population: [41,44]
```

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
Without finite population correction: N = Inf
```

```
Proportion estimate: 1  
Standard error: NA
```

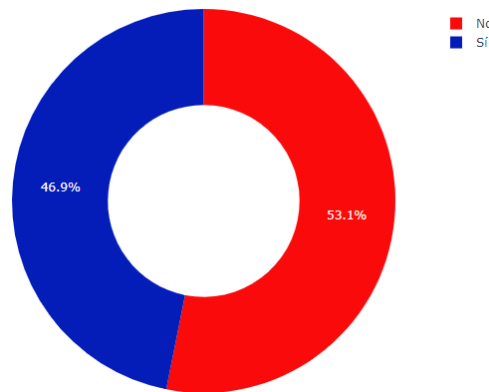
```
95% asymptotic confidence interval:  
proportion: [1,1]  
95% asymptotic confidence interval with correction by Wilson:  
proportion: [0.8928,1]  
95% exact confidence interval by Clopper-Pearson:  
proportion: [0.8911,1]
```

Nota. Elaborado por el autor en Colab con R. Parte izquierda intervalos de confianza para la población específica (finita) con los errores cercanos a los límites propuestos; parte derecha los límites del intervalo de confianza para una población en general (tamaño de población teórico: infinito).

15. **¿Considera que el uso de la AD y la IA tienen impacto positivo en el proceso educativo?** Aproximadamente el 47% de los estudiantes consultados respondió afirmativamente y los intervalos de confianza en todos los casos muestran niveles que el porcentaje de afirmación estaría por encima del 29%. En todos los casos, los intervalos de confianza contienen al 50%, esto implica que no hay evidencia estadística para descartar que la mayoría de los estudiantes responderían afirmativamente.

Figura 18

Distribución porcentual P15



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

Figura 19

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
With finite population correction: N = 44
```

```
Proportion estimate: 0.4688  
Standard error: 0.0468
```

```
95% approximate confidence interval:  
proportion: [0.377,0.5605]  
number in population: [17,24]  
95% exact hypergeometric confidence interval:  
proportion: [0.3636,0.5909]  
number in population: [16,26]
```

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
Without finite population correction: N = Inf
```

```
Proportion estimate: 0.4688  
Standard error: 0.0882
```

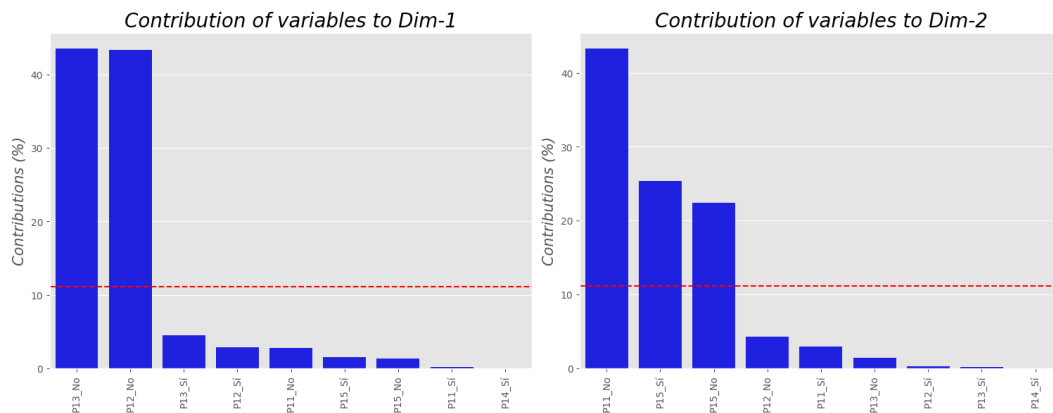
```
95% asymptotic confidence interval:  
proportion: [0.2959,0.6416]  
95% asymptotic confidence interval with correction by Wilson:  
proportion: [0.3087,0.6355]  
95% exact confidence interval by Clopper-Pearson:  
proportion: [0.2909,0.6526]
```

Nota. Elaborado por el autor en Colab con R. Parte izquierda intervalos de confianza para la población específica (finita) con los errores cercanos a los límites propuestos; parte derecha los límites del intervalo de confianza para una población en general (tamaño de población teórico: infinito).

En el análisis de correspondencias múltiples se encontró que dos dimensiones representan la información contenida en las 5 preguntas. En la Figura 20 se muestran las contribuciones de cada categoría de las respuestas a las preguntas.

Figura 20

Análisis de correspondencias I3 BP2 E: Contribuciones



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

En la dimensión 1 tienen más contribución las preguntas 13 y 12 que tienen relación con la variable **V1**, por lo que esa dimensión corresponde al acceso a recursos. En la dimensión 2 las preguntas 11 y 15 tienen mayor contribución y guardan relación con la variable **V2**, por lo que esa dimensión corresponde al uso de tecnología por parte de los estudiantes.

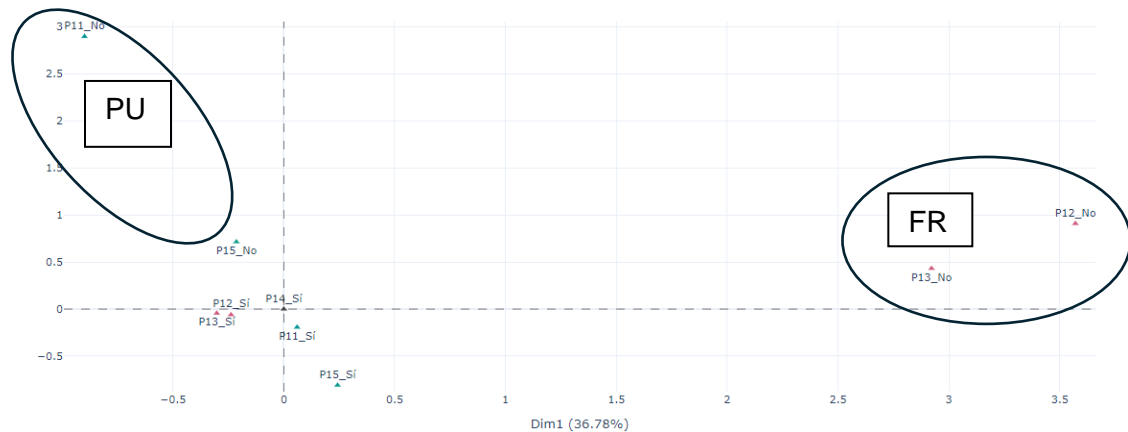
A continuación, se muestra la distribución de las categorías por pregunta en las dimensiones resultantes del análisis de correspondencias. Las respuestas negativas a las preguntas 12 y 13 corresponden a la mayor influencia en la primera dimensión y se encuentran en la zona de estudiantes con falta de recursos. Las respuestas negativas a las preguntas 11 y 15 corresponden a las de mayor influencia en la segunda dimensión y se encuentran en la zona de estudiantes con poca disposición al uso de tecnologías.

Vale la pena advertir que son pocos los registros que se encuentran en las dos zonas mencionadas, sin embargo, es necesario contemplar un plan para el manejo de estos

casos. La pregunta 14, al no tener variabilidad no tiene contribución en ninguna de las dimensiones.

Figura 21

Análisis de correspondencias I3 BP2 E: Biplot



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python. FR: Zona de Falta de Recursos, PU: Zona de poca disposición al uso de tecnologías.

Análisis de resultados I4 BP3 P

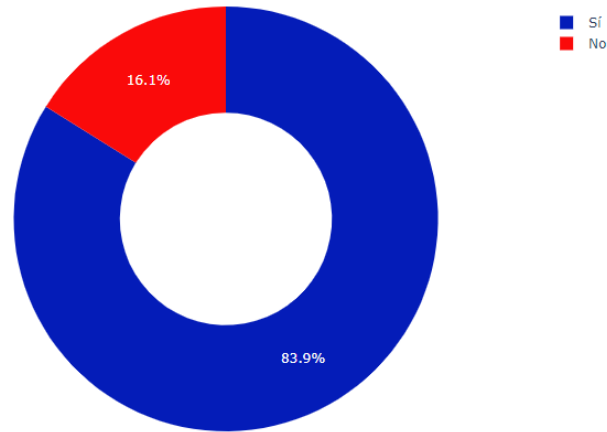
Este instrumento correspondiente a las preguntas 7 a 10 con los códigos en Tabla 3, fue aplicado a los padres de los estudiantes de la población para medir principalmente las variables **V3** y **V4**. Al igual que en el anterior instrumento primero se revisa cada pregunta independientemente y luego se realiza el análisis multivariado usando análisis de correspondencias múltiples.

7. ¿Revisa al menos una vez por semana las calificaciones de su hijo?

Aproximadamente el 84% de los padres consultados respondió afirmativamente y los intervalos de confianza en todos los casos muestran niveles que el porcentaje de afirmación estaría por encima del 66%

Figura 22

Distribución porcentual P7



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

Figura 23

Intervalos de Confianza P7

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
With finite population correction: N = 44
```

```
Proportion estimate: 0.8387  
Standard error: 0.0365
```

```
95% approximate confidence interval:  
proportion: [0.7672,0.9102]  
number in population: [34,40]
```

```
95% exact hypergeometric confidence interval:  
proportion: [0.7273,0.8864]  
number in population: [32,39]
```

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
Without finite population correction: N = Inf
```

```
Proportion estimate: 0.8387  
Standard error: 0.0661
```

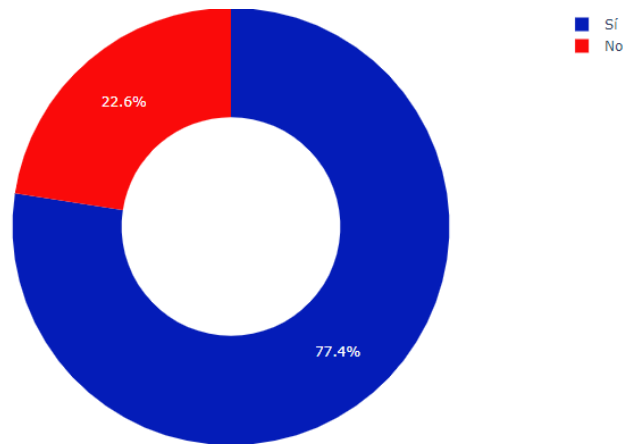
```
95% asymptotic confidence interval:  
proportion: [0.7092,0.9682]  
95% asymptotic confidence interval with correction by Wilson:  
proportion: [0.6737,0.9291]  
95% exact confidence interval by Clopper-Pearson:  
proportion: [0.6627,0.9455]
```

Nota. Elaborado por el autor en Colab con R. Parte izquierda intervalos de confianza para la población específica (finita) con los errores cercanos a los límites propuestos; parte derecha los límites del intervalo de confianza para una población en general (tamaño de población teórico: infinito).

8. ¿Revisa al menos una vez por semana la participación de su hijo en actividades académicas? Aproximadamente el 77% de los padres consultados respondió afirmativamente y los intervalos de confianza en todos los casos muestran niveles que el porcentaje de afirmación estaría por encima del 58%

Figura 24

Distribución porcentual P8



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

Figura 25

Intervalos de Confianza P8

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
With finite population correction: N = 44
```

```
Proportion estimate: 0.7742  
Standard error: 0.0415
```

```
95% approximate confidence interval:  
proportion: [0.6929,0.8555]  
number in population: [31,37]  
95% exact hypergeometric confidence interval:  
proportion: [0.6591,0.8409]  
number in population: [29,37]
```

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
Without finite population correction: N = Inf
```

```
Proportion estimate: 0.7742  
Standard error: 0.0751
```

```
95% asymptotic confidence interval:  
proportion: [0.627,0.9214]  
95% asymptotic confidence interval with correction by Wilson:  
proportion: [0.6019,0.886]  
95% exact confidence interval by Clopper-Pearson:  
proportion: [0.589,0.9041]
```

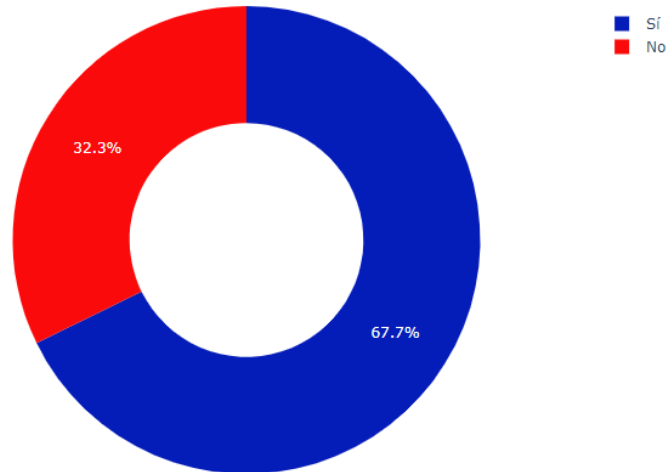
Nota. Elaborado por el autor en Colab con R. Parte izquierda intervalos de confianza para la población específica (finita) con los errores cercanos a los límites propuestos; parte derecha los límites del intervalo de confianza para una población en general (tamaño de población teórico: infinito).

9. **¿Se comunica al menos una vez por semana con al menos un docente de su hijo?** Aproximadamente el 68% de los padres consultados respondió

afirmativamente y los intervalos de confianza en todos los casos muestran niveles que el porcentaje de afirmación estaría por encima del 48%.

Figura 26

Distribución porcentual P9



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

Figura 27

Intervalos de Confianza P9

Sprop object: Sample proportion estimate
With finite population correction: N = 44

Proportion estimate: 0.6774
Standard error: 0.0464

95% approximate confidence interval:
proportion: [0.5865,0.7683]
number in population: [26,33]
95% exact hypergeometric confidence interval:
proportion: [0.5455,0.7727]
number in population: [24,34]

Sprop object: Sample proportion estimate
Without finite population correction: N = Inf

Proportion estimate: 0.6774
Standard error: 0.084

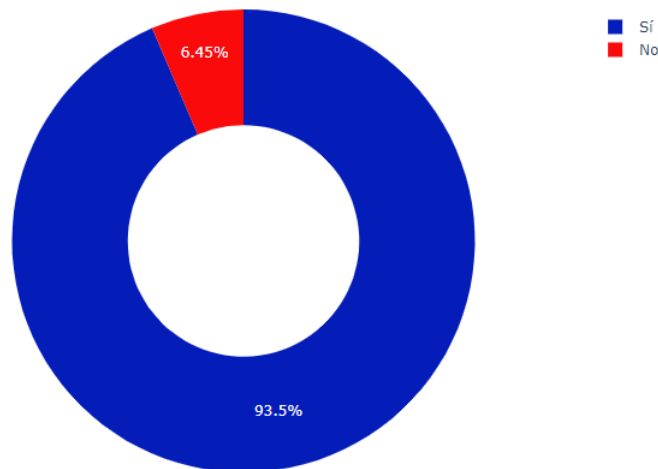
95% asymptotic confidence interval:
proportion: [0.5129,0.842]
95% asymptotic confidence interval with correction by Wilson:
proportion: [0.5014,0.8143]
95% exact confidence interval by Clopper-Pearson:
proportion: [0.4863,0.8332]

Nota. Elaborado por el autor en Colab con R. Parte izquierda intervalos de confianza para la población específica (finita) con los errores cercanos a los límites propuestos; parte derecha los límites del intervalo de confianza para una población en general (tamaño de población teórico: infinito).

10. **¿Considera que al menos una vez por semana su hijo debería usar algún recurso tecnológico relacionado con su proceso educativo?** Aproximadamente el 94% de los padres consultados respondió afirmativamente y los intervalos de confianza en todos los casos muestran niveles que el porcentaje de afirmación estaría por encima del 78%

Figura 28

Distribución porcentual P10



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

Figura 29

Intervalos de Confianza P10

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
With finite population correction: N = 44
```

```
Proportion estimate: 0.9355  
Standard error: 0.0244
```

```
95% approximate confidence interval:  
proportion: [0.8877,0.9833]  
number in population: [40,43]  
95% exact hypergeometric confidence interval:  
proportion: [0.8409,0.9545]  
number in population: [37,42]
```

```
Sprop object: Sample proportion estimate  
Without finite population correction: N = Inf
```

```
Proportion estimate: 0.9355  
Standard error: 0.0441
```

```
95% asymptotic confidence interval:  
proportion: [0.849,1.022]  
95% asymptotic confidence interval with correction by Wilson:  
proportion: [0.7928,0.9821]  
95% exact confidence interval by Clopper-Pearson:  
proportion: [0.7858,0.9921]
```

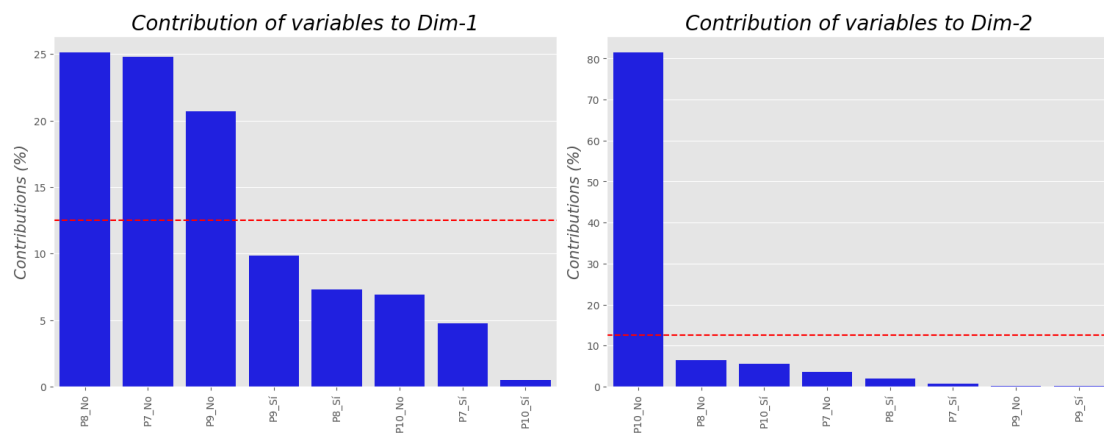
Nota. Elaborado por el autor en Colab con R. Parte izquierda intervalos de confianza para la población específica (finita) con los errores cercanos a los límites propuestos;

parte derecha los límites del intervalo de confianza para una población en general (tamaño de población teórico: infinito).

En el análisis de correspondencias múltiples se encontró que dos dimensiones representan la información contenida en las 4 preguntas. En la Figura 30 se muestran las contribuciones de cada categoría de las respuestas a las preguntas.

Figura 30

Análisis de correspondencias I4 BP3 P: Contribuciones



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

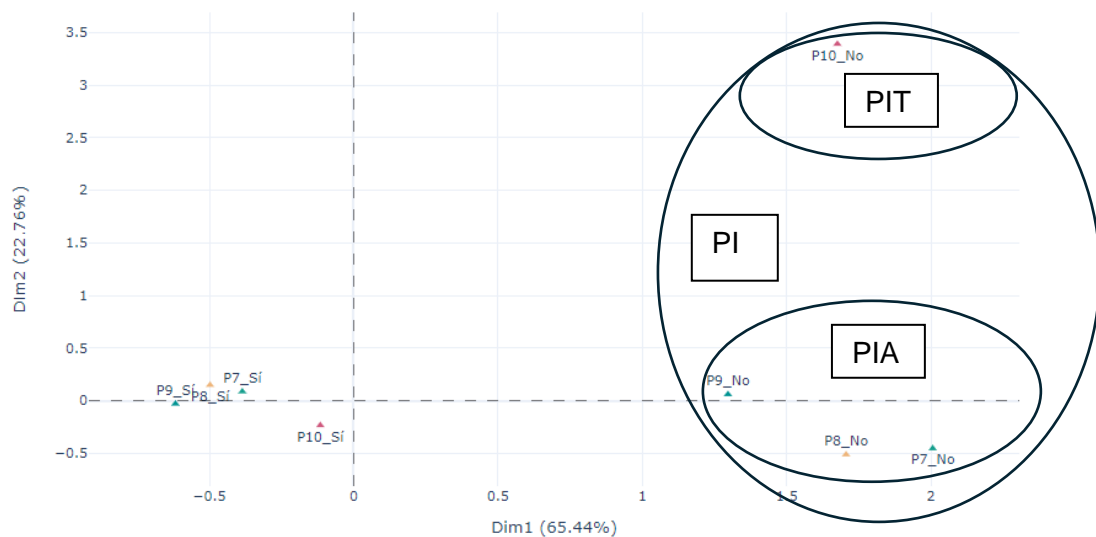
En la dimensión 1 tienen más contribución las preguntas 7,8 y 9 que tienen relación con la variable **V3 y V4**, por lo que esa dimensión corresponde a la comunicación padre-docentes, vista desde la perspectiva de los padres. En la dimensión 2 la preguntas 10 tienen mayor contribución y guarda relación con la variable **V2**, por lo que esa dimensión corresponde a la pertinencia del uso de tecnología por parte de los estudiantes desde la perspectiva de los padres.

A continuación, se muestra la distribución de las categorías por pregunta en las dimensiones resultantes del análisis de correspondencias. Las respuestas negativas a las preguntas 7, 8, 9 corresponden a la mayor influencia en la primera dimensión y se encuentran en la zona de padres con poca interacción y subzona con poco interés por las actividades académicas. La respuesta negativa a la pregunta 10 corresponden a la de

mayor influencia en la segunda dimensión y se encuentran en la zona de padres con poca interacción y subzona con poco interés por los recursos tecnológicos. Aunque son pocos los registros en estas zonas, es necesario contemplar algún plan para el manejo de estos casos que ayude a motivar a los padres a ser más participativos.

Figura 31

Análisis de correspondencias I4 BP3 P: Biplot



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python. PI: Zona de Poca Interacción de los padres, PIA: Zona de Poca Interacción de los padres hacia actividades académicas, PIT: Zona de Poca Interacción de los padres hacia al uso de tecnologías.

Análisis de resultados I5 FG2 E

Este instrumento fue aplicado presencialmente, algunas de las participaciones de los estudiantes fueron grabadas y hacen parte del siguiente análisis.

¿Qué ha escuchado acerca de IA y AD?

Aunque en la clase de tecnología el docente afirma haber hablado sobre estos conceptos e incluso haber realizado algunos ejercicios, los estudiantes no asimilan directamente de que se puede tratar, en su mayoría lo asocian únicamente con ChatGPT. Algunas respuestas durante la sesión se muestran a continuación:

- En mi caso la he utilizado solo para tareas
- Depende del área en que te muevas o lo que vayas a hacer para tareas exposiciones.
- Personalmente lo he utilizado para tareas o como cuando nos piden hacer algún tipo de investigación que tenga que ver con las tareas.
- Hay mucha gente que dice como utilizar la IA, y es más como especificar la pregunta.

¿De las aplicaciones que usa, cuáles considera que usan IA y Cuáles considera que usan Analítica de datos?

Algunos estudiantes muestran conocimiento sobre aplicaciones que los ayudan con tareas y otros saben que la mayoría de las aplicaciones en su celular usan IA o AD. La mayoría de las respuestas durante la sesión correspondían a redes sociales; Meta IA sale literalmente todo en Instagram, Facebook.

¿De las aplicaciones que usa de carácter educativo, cuáles considera que usan IA o AD?

En general, los estudiantes no usan aplicaciones que hagan uso de IA o AD, son muy pocos los que expresan conocer algún tipo de herramientas, pero su uso no es frecuente, no recuerdan los nombres de las aplicaciones y se les indago sobre cómo la habían usado, algunos de los estudiantes mencionaron:

- La he usado como para encontrar resultados de ejercicios matemáticos porque no las hago porque tengo pereza o busco un resumen y lo que hago es cambiarle las palabras de uno mismo o lo mezclo con otro texto de IA.
- Nosotros para calculo también la hemos utilizado también como para facilitar el aprendizaje de nosotros, porque hay veces que uno por ejemplo no le entiende al profesor y uno diría bueno profe explíqueme otra vez o eso. Pero más que todo es para eso para facilitar la comprensión de lo que estamos viendo en la clase.

Durante la sesión presencial se introdujeron los conceptos de IA y analíticas de datos, y se explicó como son usadas esas herramientas en las aplicaciones que usan para conocer parte del comportamiento de los usuarios. Después de haber aclarado los conceptos se realizaron las dos preguntas

¿Cree que la IA y AD pueden ayudar en su proceso formativo? ¿Cómo?

Aclarado los conceptos algunos estudiantes aportaron:

- Pues proporciona el potencial necesario para abordar estos nuevos desafíos de la educación actual, también para innovar prácticas de enseñanza y el aprendizaje hacia nuevos procesos.
- Para facilitar la dinámica de la clase.
- Aclarar dudas que se presentan después de la clase en algunas asignaturas.

¿Qué herramientas de IA y AD considera que podrían incorporarse en una aplicación educativa?

En este caso se les indagó a los estudiantes sobre que les gustaría, algunas de las respuestas fueron:

- Nos gustaría poder encontrar una respuesta más amplia.
- Nos gustaría tener otro tipo de perspectiva, o sea poder tener un concepto de algo y que nos dé un resultado diferente.
- Como un apoyo en las tareas, o sea que uno pueda encontrar como se desarrolla el proceso académico.

¿Qué temas serían de interés para el contenido de una aplicación educativa?

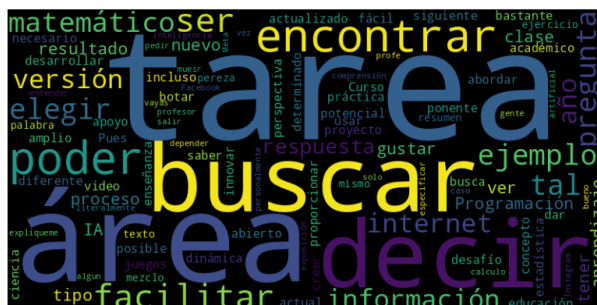
Se les preguntó a los estudiantes sobre los temas para incluir en la aplicación, algunos mencionaron temas de programación y otras actividades que tienen que realizar en el colegio. Algunas de las respuestas fueron:

- No sé, tal vez elegir el área, sería bastante posible elegir el área. O sea, por ejemplo, sería buscar el ponente porque tú preguntas algo sobre ciencia y te bota algo como de estadísticas matemáticas. Tal vez así sí sería un poco más fácil.

- La información actualizada, hay una versión que está digamos hasta determinado año, creo que hasta el 2023 y hay una versión que está ya abierta incluso al internet, o sea que buscas en internet y te busca las respuestas.
- Información para el proyecto del siguiente año.
- Programación de video juegos.
- Curso de programación

Figura 32

Nube de palabras I5 FG2 E



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

Varios verbos resaltan en la anterior nube de palabras “facilitar”, “buscar”, “poder”, “elegir”, asociados a lo que se esperaría se pueda hacer con ayuda de IA y AD. Otros términos relevantes son “Programación”, “ciencia”, “internet”.

Triangulación de datos

El análisis de datos finaliza con un contraste de las diferentes fuentes de información a través de una triangulación de datos. La triangulación de datos es importante en los estudios de enfoque mixto, ya que ayuda con la dependencia y credibilidad de los resultados y para encontrar evidencia contraria en caso de buscarla (Hernández Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014). El objetivo es resaltar puntos de coincidencia y detectar opiniones encontradas en pro de proponer una solución adecuada y evaluar las hipótesis planteadas.

A continuación, se realiza una evaluación de las variables propuestas teniendo en cuenta la información recolectada y los análisis previos.

V1. Acceso a recursos tecnológicos orientados a la educación para los

estudiantes: Al evaluar los resultados de la encuesta realizada a los estudiantes, el análisis de correspondencias apunta a las preguntas 12 y 13 que tratan sobre el acceso a dispositivos y a internet, en ambos casos, los porcentajes de respuestas positivas son altos. Sin embargo, el análisis también muestra una zona en la que se identifican estudiantes con falta de recursos. Los padres expresan las falencias más hacia el lado de plataformas que de los recursos. Los recursos tecnológicos en general no parecen ser un inconveniente y sólo se advierte que debería existir un manejo de adecuado de los estudiantes que no disponen de los recursos. En términos de recursos orientados específicamente a la educación, se exponen por parte de padres una preocupación por la falta de plataformas y los estudiantes admiten haber usado algunas aplicaciones, pero su uso principalmente se limita a la solución de alguna actividad y no es permanente la interacción con ellas.

Figura 33

Contraste respuestas asociadas a variable V1

¿Considera que tiene facilidad para acceder a una aplicación desde celular o computador?



¿Considera que tiene facilidad para acceder a recursos tecnológicos como internet?



En la interacción con el colegio actual, los padres manifestaron:



Nota. Elaborado por el autor. Preguntas izquierda y centro dirigidas a estudiantes en la encuesta, al lado derecho fragmento nube de palabras en la Figura 8.

En conclusión, los recursos tecnológicos en la mayoría de los casos son accesibles, pero, soluciones enfocadas a necesidades específicas de los estudiantes, al menos para

la población analizada, no están disponibles. En la Figura 33 se muestra el contraste a las preguntas de los instrumentos asociados.

V2. Facilidad del uso de la tecnología por parte de los estudiantes: Los estudiantes de la población seleccionada demuestran tener facilidad para el uso de herramientas tecnológicas y aplicaciones en general, sin embargo, ellos expresan que las herramientas enfocadas a los procesos educativos pueden ser complejas de usar. En la sesión con los estudiantes, algunos afirmaban que hacen uso de aplicaciones que ayudaban en sus procesos educativos pero la mayoría no usan. En la encuesta se evidencia que todos afirman que la tecnología ayudaría en los procesos educativos, pero cuando se indaga por el uso de plataformas o por si la AD o la IA los ayudarían en su proceso educativo, la mayoría respondió de manera negativa.

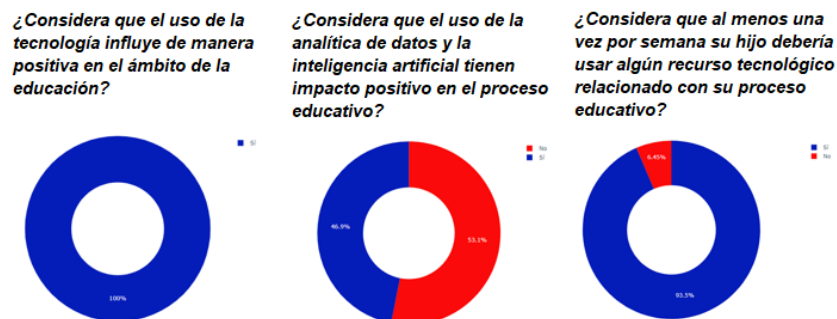
En el análisis de correspondencias de las preguntas realizadas a los estudiantes se demarcó una zona como poca disposición al uso de tecnologías, esta zona tiene muy cercana a la tendencia negativa de considerar que la AD y la IA no impactarían positivamente en los procesos educativos. Según lo evidenciado en la sesión presencial con los estudiantes, parece existir la percepción de que la AD y la IA están muy alejadas de la mayoría de los campos en los que los estudiantes se piensan desempeñar. En el análisis de correspondencia realizado a las respuestas dadas por los padres, se encuentra como un eje principal la opinión de los padres sobre el uso de recursos tecnológicos en el proceso de sus hijos, además se demarca la zona de poca interacción de los padres hacia al uso de tecnologías, aunque las respuestas negativas de los padres a la pregunta relacionada con esta variable no supera el 7%, si se debe considerar como un factor que incide en el uso de los estudiantes por los recursos tecnológicos.

Aunque los estudiantes de la población seleccionada tienen facilidad para el uso de la tecnología en general, es necesario que conozcan como conceptos como la IA y la AD

los puedan ayudar, facilitar el acceso a contenido que les explique cómo usarla. Los padres advierten que las plataformas educativas deberían ser de fácil uso para que sean aprovechadas por los estudiantes. Los docentes entrevistados concuerdan en que el uso de herramientas tecnológicas por parte de los estudiantes debe ser responsable y debe tener control por los docentes o por las entidades educativas. Los gráficos de las respuestas asociadas se muestran en la Figura 34.

Figura 34

Contraste respuestas asociadas a variable V1



Nota. Elaborado por el autor. Preguntas izquierda y centro dirigidas a estudiantes, al lado derecho pregunta realizada a padres.

V3. Acceso a la información académica de parte de los padres: En un primer acercamiento con padres, se encontró que encontrar información de colegios en etapas de búsqueda no es sencillo, aunque algunos colegios tienen sitios web, la información que se suministra generalmente no es profunda. También se encontró que los padres desearían tener acceso a información detallada del proceso académico de sus hijos. En la encuesta realizada a los padres se encontró que al menos de 3 de cada 4 padres, al menos una vez por semana, revisan las actividades y las calificaciones de sus hijos. El análisis de correspondencias identifica que existe relación entre la opinión negativa de los padres por el uso de tecnologías en el proceso educativo de sus hijos y el acceso a información académica también por parte de los padres; esta relación se muestra presente en lo que se definió como zona de poca interacción. En la Figura 35 se exponen

los porcentajes de respuestas a las preguntas relacionados con el acceso a la información y un fragmento de la nube de palabras respecto a las recomendaciones iniciales de padres.

Figura 35

Contraste respuestas asociadas a variable V3

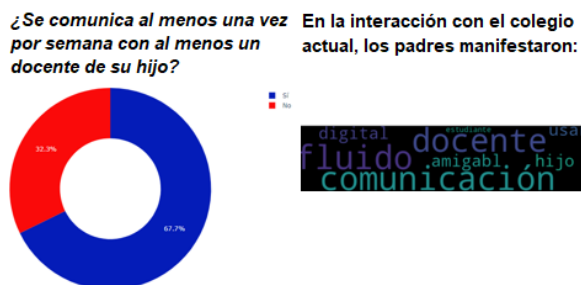


Nota. Elaborado por el autor. Preguntas izquierda y centro dirigidas a padres en la encuesta, al lado derecho fragmento nube de palabras en la Figura 9.

V4. Comunicación de los padres con los docentes: Se encuentra que más del 30% de los padres reconocen no tener una comunicación directa al menos una vez con alguno de los docentes de sus hijos, además algunos padres indican la falta de canales apropiados para establecer comunicación con los docentes.

Figura 36

Contraste respuestas asociadas a variable V4



Nota. Elaborado por el autor. A la izquierda pregunta dirigida a padres en la encuesta, al lado derecho fragmento nube de palabras en la Figura 8.

Los docentes reconocen que las tecnologías de la información podrían ayudar en los procesos de comunicación, sin embargo, la necesidad de mantener actualizada la información en alguna plataforma puede aumentar la carga laboral, incluso hacerla más alta que al mantener directamente un proceso de comunicación con los padres. Los resultados de la encuesta realizada a los padres en relación con la comunicación y las palabras relevantes del focus group con los padres se muestran en la Figura 36.

V5. Uso de herramientas tecnológicas por parte de los docentes: Una de las preocupaciones expresadas por los padres es la formación de los docentes en el uso de diferentes recursos. Aunque existe gran entusiasmo por parte de docentes de áreas afines a la tecnología por el uso de plataformas y en general por herramientas tecnológicas, también parece existir opiniones no tan favorables sobre el uso estas. Lo anterior puede responder a evitar por parte de los docentes una mayor carga laboral o por desconocimiento de las herramientas adecuadas que efectivamente aporten valor a sus actividades.

Los docentes que participaron de las actividades tienen opiniones favorables del uso de tecnología tanto para sus labores como para la intervención en los procesos educativos, ellos tienen familiaridad por software usado en procesos de AD y de IA. Los docentes advierten una serie de requerimientos que debe tener el uso de cualquier recurso tecnológico y de la evidente labor adicional que esto puede llevar.

Propuesta de solución a la problemática

A continuación, se presenta la propuesta de solución, teniendo en cuenta tres aspectos:

- El análisis realizado con la información recogida de padres, estudiantes y docentes.
- Los fundamentos del problema desde un marco conceptual y la revisión de investigaciones previas en las áreas de plataformas educativas en general y con uso de IA y AD.
- La proliferación de herramientas y recursos de IA y AD que contrasta con las limitaciones de costos para su implementación en la educación.

Situación actual: Necesidades y expectativas

Recursos como dispositivos y el acceso a internet, en la mayoría de los casos, no parecen ser un inconveniente en la población analizada para la implementación de alguna solución basada en tecnología.

Padres, docentes y estudiantes parecen estar de acuerdo en la necesidad de una plataforma, a continuación, se exponen las necesidades y las expectativas de cada uno de los tres actores:

Docentes: Del lado de los docentes se pueden identificar dos grupos; el primero con una alta expectativa y disposición para participar en actividades relacionadas con la incorporación de recursos que incorporen la AD y la IA tanto en los procesos educativos con los estudiantes como en sus actividades diarias. Por otro lado, se encuentran los docentes que no se encuentran a favor, en ellos habría que incorporar prácticas que permitan la adopción tecnológica. Específicamente, los docentes del primer grupo opinan que una plataforma podría ayudarles con varias de sus labores y que podría mejorar los niveles de comunicación con los padres, sin embargo, también advierten que es

necesario generar en los estudiantes un manejo responsable y en los docentes un compromiso por incentivar el uso de estas tecnologías manteniendo información actualizada y el control de los contenidos.

Padres: En el caso de los padres, se encuentra un interés por mantener comunicación con los docentes y tener conocimiento del desempeño de sus hijos, sin embargo, la ausencia de canales definidos puede dificultar estos procesos. Los padres, en su mayoría, opinan que la tecnología debería ser usada con frecuencia en el proceso educativo de sus hijos. Algunos de los padres mencionan específicamente la necesidad de una plataforma en la que se tenga acceso a información del proceso de sus hijos, y que además permita a los estudiantes un entorno al que puedan acceder constantemente.

Estudiantes: Aunque los estudiantes demuestran tener facilidad para acceder a los recursos y al uso de tecnologías, se evidencia que existe un desconocimiento por cómo esa tecnología les puede ayudar. Algunos hacen uso de herramientas que no son las más adecuadas para sus necesidades, y en su mayoría desconocen herramientas útiles para su proceso educativo. Los estudiantes reconocen que hay asignaturas o temas en específico que les generan desafíos y que sería pertinente tener un recurso que les ayudara permanentemente a solucionar dudas. Desde la perspectiva del autor se evidencia que hace falta una adopción de conceptos relacionados con las nuevas tecnologías para los estudiantes de la población objetivo, es decir para estudiantes que están a menos de dos años de terminar sus estudios de secundaria.

Oportunidades: Plataformas con uso de IA y AD

Con los últimos desarrollos en el campo de la IA las plataformas educativas pueden adquirir nuevas funcionalidades que, sin duda, mejorarán los procesos en el ámbito educativo, tal como está sucediendo en varias industrias.

La IA generativa actualmente es capaz de generar texto, video e imágenes. En ningún momento se pretende limitar la creatividad de docentes ni estudiantes, haciendo un uso exclusivo de recursos generados por la IA; con este tipo de herramientas se pueden realizar tareas monótonas, en las que con uso adecuado del lenguaje se pueden obtener resultados que, aunque siempre deben ser revisados por un humano disminuyen significativamente los tiempos. Específicamente, modelos como Gemini, son capaces de generar, solucionar problemas y evaluar código en diferentes lenguajes como Python, R JavaScript, Java entre otros; aunque se debe advertir que el desempeño depende del volumen de información al que el modelo tenga acceso.

Los RAG (Retrieval-Augmented Generation) y los agentes asociados a los LLM sin duda jugaran un papel fundamental, en los procesos educativos. Algunas de las preocupaciones de los docentes, padres e incluso de los estudiantes están asociadas al correcto uso de las salidas de un modelo de texto; en ese sentido los RAG se puede enriquecer o acotar la salida de un LLM a un contexto específico, evitando alucinaciones o posibles respuestas de las que no se conoce la fuente. Por otro lado, los agentes son capaces de orquestar entradas o salidas de los LLM con bases de datos y otros sistemas; esto sin duda contribuirá a los procesos de comunicación y a la capacidad para acceder de manera más sencilla a la información.

En una plataforma de desarrollo propio es más fácil reducir costos, escoger y presentar sólo los recursos que ayuden a personalizar las herramientas a un grupo específico. Por ejemplo, si para una población se quiere presentar únicamente el contenido educativo y redireccionar a una ayuda o a una sección de preguntas, en una plataforma de desarrollo propio es muy sencillo de gestionar con plataformas comerciales o de código abierto no es tan sencillo o puede ser costoso.

El uso de la AD para la toma de decisiones ha mostrado beneficios a en muchos campos de la industria, en el contexto educativo Learning Analytics permite analizar

datos y presentar información importante que puede ser interpretado por docentes, padres e incluso los mismos estudiantes para entender fallos en el proceso educativo. Así mismo, Educational Data Mining permite automatizar aspectos de los procesos que mejoren las condiciones de los estudiantes. El uso de modelos de agrupación, clasificación y regresión permiten adelantarse a situaciones y generar soluciones que optimicen los procesos educativos.

Soluciones planteadas y seleccionadas

A continuación, se presenta una posible solución a las necesidades o expectativas detectadas que son evaluadas teniendo en cuenta la percepción ya recogida de los padres, estudiantes y docentes.

Las soluciones planteadas deberán ser acompañadas por una interfaz intuitiva, que permita personalizar la experiencia de usuario y que contemple opciones de accesibilidad. Además, de las herramientas basadas en IA, se debe contemplar espacios en los que se permita la interacción y colaboración entre miembros de la comunidad. Las herramientas que usan IA buscan adaptarse al usuario en la medida en que recogen información, si bien en versiones iniciales es difícil llegar a este tipo de experiencias, se considera dentro de los objetivos de un producto final.

Las soluciones planteadas están bajo el concepto de una plataforma y no de una aplicación debido a que el objetivo es incorporar diferentes funcionalidades con enfoque a estudiantes, profesores y padres. Además, su alcance no se limita a un área específica o a desarrollar ciertas habilidades, sino que abarca diversos aspectos educativos e incluye soporte a varias tareas.

Tabla 4

Soluciones planteadas

Necesidad o expectativa	Solución (Beneficiado)	Evaluación y descripción
Automatización de notas	Agente que recibiendo una imagen o voz con las notas las guarde en una tabla o base de datos. (Docente)	Costoso por usar modelos basados en la recepción y análisis de multimedia. Su uso sería frecuente, modificación de las bases de datos.
Generación de contenido audiovisual	Modelos generativos y RAG que dado un contexto específico genere contenido educativo. (Docente)	Costoso por usar modelos basados en la recepción y análisis de multimedia. No sería frecuente su uso.
Sesiones de adopción tecnológica	Sesiones centradas en docentes conservadores o escépticos. (Docente)	Se impartirían en la medida en que los contenidos u otra solución lo requiera.
Acceso a información de calificaciones o resultados de estudiantes	Agente y métodos de AD para que, a partir de una consulta en lenguaje natural, se consulte una tabla o base de datos, se estructure la respuesta y se devuelva en lenguaje natural. (Docente-Padres)	Requeriría una infraestructura confiable, datos bien estructurados y modelos de alto desempeño. Dependiendo la frecuencia podría ser costoso.
Alfabetización en IA y AD	Sesión introductoria para aclarar conceptos y disposición de contenido creado específicamente para la población objetivo. (Estudiante)	Realizable, el contenido se generaría a medida que los estudiantes empiecen a interactuar con la plataforma.
Programación en Python	Contenido de Python en Colab. Uso de LLM para la verificación de las soluciones dadas por los estudiantes a los problemas propuestos. (Estudiante-Docente)	Se podría hacer uso de Colab con la suite de Google para cuentas personales y luego generar la calificación usando LLM también desde Colab para minimizar costos.
Asesoría virtual instantánea y siempre disponible	RAG acotado al contexto de un material específico, no puede dar respuestas basadas en información diferente al contexto y es capaz de solucionar dudas que se encuentran en el material. (Estudiante-Docente)	Si sólo es basado en texto los costos son moderados y no sería necesaria una infraestructura compleja.
Retroalimentación a cuestionarios o a preguntas abiertas con IA y AD	Uso de RAG para generar mensajes de retroalimentación basado en las respuestas, también uso de modelos de agrupación o clasificación para identificar patrones en desempeños (Estudiante-Docente)	No sería una infraestructura compleja y los costos asociados al desarrollo e implementación de modelos se puede hacer en herramientas libres.

Nota. Elaborado por el autor, para el desarrollo de la plataforma se usa las herramientas de GCP (Google Cloud Platform)

GCP cuenta con Vertex AI que sirve para crear, entrenar, implementar y consumir modelos de deep learning. Vertex AI se puede integrar a diferentes frameworks y permite el uso de modelos totalmente entrenados dispuestos por GCP o el entrenamiento de

modelos a la medida. Los costos asociados a algunas de las funcionalidades de Vertex AI se encuentran en la Figura 37.

Figura 37

Precios funcionalidades AI Generativa

Pricing for Vertex AI Agents GA functionality

Vertex AI Agents Chat*	\$12.00 / 1,000 query**
Vertex AI Agents Voice*	\$0.002 / second†
Dialogflow CX Chat*** (Standard, non-Generative AI capabilities for Chat)	\$7.00 / 1,000 query**
Dialogflow CX Voice*** (Standard, non-Generative AI capabilities for Voice)	\$0.001 / second†

Nota. Adaptado de "Pricing for Vertex AI Agents GA functionality" por (Google, 2024)

Integrado con Vertex AI se encuentra Dialogflow que ayuda a desarrollar aplicaciones sin servidores principalmente enfocado a la interacción con los usuarios por medio de agentes conversacionales. En la Figura 37 se evidencia que, en el caso de texto, el costo es de 0.012\$ por cada consulta, que incluye el procesamiento de la entrada y su respectiva respuesta; mientras que para el caso de voz el costo es de 0.002 por segundo no se contabiliza los tiempos de espera o de latencia, pero si el audio de entrada y de salida, es decir que si los audios de una consulta duran más de 6 segundos sumados la entrada como la salida el excedente es costo adicional respecto al costo por texto. En caso de que no sea necesaria usar la IA generativa debido a que la intención de la consulta puede ser solucionada por un comportamiento predeterminado los costos bajan a 0.007 por consulta en el caso de texto y de 0.001 por segundo en el caso de voz.

Dado que el objetivo es minimizar costos, pensar en una infraestructura para un manejo de datos del colegio en general, generaría costos de desarrollo, mantenimiento y uso demasiado elevados. En la Tabla 5 se muestran las soluciones enfocadas a la población elegida.

Tabla 5

Soluciones seleccionadas

Necesidad o expectativa	Solución (Beneficiado)	Descripción
Programación en Python	Contenido de Python en Colab. Uso de LLM para la verificación de las soluciones dadas por los estudiantes a los problemas propuestos. (Estudiante-Docente)	Se podría hacer uso de Colab con la suite de Google para cuentas personales y luego generar la calificación usando LLM también desde Colab para minimizar costos.
Asesoría virtual instantánea y siempre disponible	RAG acotado al contexto de un material específico, no puede dar respuestas basadas en información diferente al contexto y es capaz de solucionar dudas que se encuentran en el material. (Estudiante-Docente)	Si sólo es basado en texto los costos son moderados y no sería necesaria una infraestructura compleja.
Retroalimentación a cuestionarios o a preguntas abiertas con IA y AD	Uso de RAG para generar mensajes de retroalimentación basado en las respuestas, también uso de modelos de agrupación o clasificación para identificar patrones en desempeños (Estudiante-Docente)	No sería una infraestructura compleja y los costos asociados al desarrollo e implementación de modelos se puede hacer en herramientas libres.

Nota. Elaborado por el autor

Las soluciones están orientadas a las necesidades o expectativas y principalmente solucionadas por las herramientas de IA, sin embargo, la componente analítica parte del desarrollo de la aplicación generando mediciones de las interacciones con diferentes secciones de la plataforma y del desempeño en las actividades propuestas, estos aspectos se profundizan en la siguiente sección.

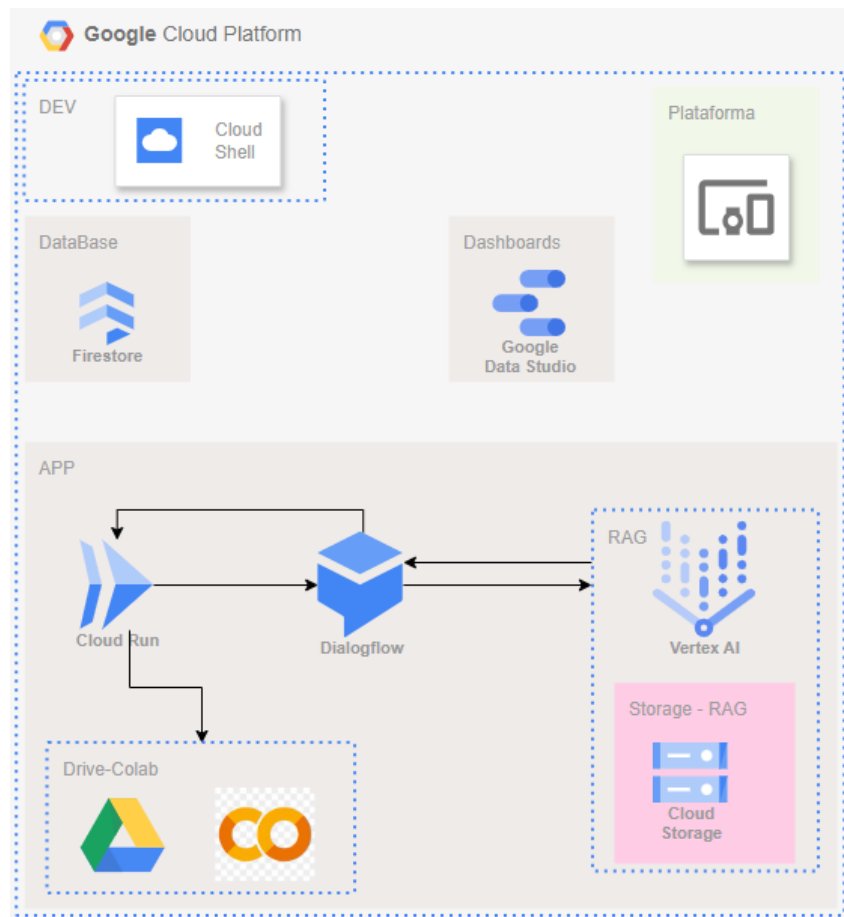
Propuesta

Para desarrollar y poner en producción una plataforma educativa es posible hacer un desarrollo a la medida, usar plataformas de código abierto o plataformas de uso comercial. Las plataformas de uso comercial no son una opción en este caso debido a la restricción de costos, las funcionalidades buscadas tendrán costos adicionales y difícilmente se tendría acceso al código para realizar las implementaciones deseadas. En las plataformas de código abierto, el código fuente es gratuito y en algunos se cuenta con una amplia comunidad que puede ayudar a solucionar problemas y a construir nuevas funcionalidades. Para plataformas como Moodle que cuentan con una amplia comunidad actualmente, la mayoría de sus componentes deben ser implementadas en servidores,

esto aumenta considerablemente los costos de mantenimiento y de la propia implementación. Si bien es cierto que hay plataformas como Open edX, Canvas LMS y FormaLMS que permiten que varias de sus componentes se han implementado sin servidores esto puede ser complejo y en algunos casos, obligatoriamente se debería recurrir al uso de servidores para algunas funcionalidades.

Figura 38

Diagrama de la propuesta con GCP



Nota. Elaborado por el autor en draw.io

La propuesta presentada se realizará usando servicios en la nube, el servicio en el que corre la aplicación es Cloud Run que es ofrecido como un PaaS (Platform as a Service) por GCP (Google, 2023). El desarrollo se realiza en Cloud Shell, Dialogflow es usado para orquestar la aplicación con la herramienta de IA Vertex AI en la que se

ejecuta el RAG, la información en la que se almacena los recursos del RAG están en Cloud Storage, mientras que la base de la aplicación está en Firestore, opciones gratuitas de la suite de Google como Drive, Colaboratory o Colab, y Data Studio también son usadas, las dos últimas de gran importancia para la componente analítica Colab para el uso de Python y Data Studio para la elaboración de tableros. En la Figura 38 se muestra el diagrama de las soluciones aplicaciones que intervienen.

Análisis de costos

En el siguiente análisis se contemplan costos asociados al desarrollo, a la implementación y a la operación de la plataforma. Costos indirectos como el asociado a los tiempos invertidos por los docentes, administrativos u otros partícipes durante el desarrollo de esta investigación no son contabilizados.

Costos de desarrollo e implementación: Se examinan los costos de desarrollo y de implementación. Aquí se incluye lo desarrollado dentro de esta propuesta, por ejemplo, el prototipo, aunque esos costos no serán trasladados a los usuarios. En la etapa del desarrollo se consideran dos etapas, la primera hasta la etapa del prototipo y la segunda que recoge los desarrollos posteriores. En la etapa del prototipado se considera el desarrollo del código para obtener el prototipo con las soluciones. La etapa de desarrollo posterior consiste en las actividades necesarias para iniciar la prueba piloto que no se hayan realizado en la etapa del prototipo. En la parte de investigación se contempla la búsqueda de las mejores soluciones y el material para ser incluido en capacitaciones y presentaciones. Para el caso licencias de software, herramientas de desarrollo e infraestructura, dado que la solución usa herramientas en la nube con servicios PaaS y en varios casos se usan las capas gratuitas que disponen de lo necesario para el alcance de la plataforma, estos ítems quedan en 0. En la etapa de implementación lo ítems de capacitación y soporte abarcan hasta la prueba piloto.

Tabla 6

Costos de desarrollo e implementación

Ítem	Unidades	Número unidades	Costo por Unidad (COP)	Costo total (COP)
D. - Personal Prototipado	Horas	130	\$ 120,000	\$ 15,600,000
D. - Personal D. posterior	Horas	20	\$ 120,000	\$ 2,400,000
D. - Licencias	Licencias	0	\$ -	\$ -
D. - Herramientas de D.	Herramientas	0	\$ -	\$ -
D. - Investigación	Horas	30	\$ 100,000	\$ 3,000,000
D. - Capacitación	Horas	10	\$ 40,000	\$ 400,000
I. - Infraestructura	Servicios	0	\$ -	\$ -
I. - Capacitación	Horas	5	\$ 50,000	\$ 250,000
I. - Soporte	Horas	5	\$ 60,000	\$ 300,000
Total (COP)				\$ 21,950,000

Nota. Elaborado por el autor. D. indica Desarrollo e I. indica Implementación.

Costos operativos:

Se evalúan los costos recurrentes necesarios para mantener la plataforma en funcionamiento y disponible para los usuarios. Entre las ventajas que tiene el uso del sistema en la nube frente a los On-premise se tienen que: permite escalar más fácilmente; los costos son proporcionales al uso; no se necesita instalar, mantener ni actualizar hardware ni software relacionado con la puesta en producción del servicio. Los costos entre los tres principales proveedores de servicios en la nube, Amazon Web Services, Azure y GCP, son similares; aunque en cualquiera de las tres se puede acceder a las herramientas necesarias para el desarrollo de las soluciones planteadas. Sin embargo, Google provee algunas herramientas gratuitas que son de gran ayuda para el desarrollo de algunas de las soluciones, como Colab y Data Studio, estas son de uso prácticamente ilimitado en comparación con versiones similares a las de las otras dos nubes que son por periodos de un mes o de un año, pero con restricciones considerables. En la Tabla 7 se muestran los costos asociados a los servicios usados de GCP, aunque existen capas gratuitas cuando los servicios son usados por instituciones

educativas, el ejercicio se realiza presentando los costos teniendo en cuenta la información de precios de GCP (Google, 2024). Los valores asignados a los parámetros presentados corresponden a valores que buscan reducir los costos, pero sin quitar la funcionalidad, desde la aplicación directamente se gestionará el acceso del usuario a los recursos. En los anexos se puede encontrar las fórmulas usadas para generar la Tabla 6.

Tabla 7

Costos operativos

	Valor	Parámetro				
	22	Número de estudiantes				
	5	Horas estimadas por mes por usuario				
	0.5	Tamaño Plataforma				
	0.7	Tráfico estimado por usuario GB				
	10	Número de consultas a la IA por estudiante				
	0.8	Tasa de pasadas a modelo de IA, tasa de consultas que pueden ser respondidas con el contenido				

Servicio-ítem	Unidad (U)	Num (U)	Costo (U) USD	Capa Gratis (U)	costo total USD
Cloud Run - Invocaciones	Invocación	440	\$ 0.0000004	2,000,000	\$ -
Cloud Run - VCPU	Segundos	396,000	\$ 0.000024	180,000	\$ 5.18
Cloud Run - Memoria	GB por seg	198,000	\$ 0.0000025	360,000	\$ -
Cloud Run - Tráfico	GB	15	\$ 0.12	1	\$ 1.73
Dialogflow cx - standard	query	44	\$ 0.007	-	\$ 0.31
Vertex AI - Agents Chat	query	176	\$ 0.012	-	\$ 2.11
Firestore studio - Stored Data	GB	1	\$ 0.16	1	\$ -
Firestore studio - Doc Reads	registro x día	2,200	\$ 0.03	50,000	\$ -
Firestore studio - Doc Write	registro x día	2,200	\$ 0.094	20,000	\$ -
Firestore studio - Doc Reads	registro x día	2,200	\$ 0.01	20,000	\$ -
Cloud Storage - Standard	GB	1	\$ 0.035	-	\$ 0.04
Cloud Shell	Hora	Ind	\$ -	-	\$ -
Data Studio	Hora	Ind	\$ -	-	\$ -
Colab	Hora	Ind	\$ -	-	\$ -
				Total USD	\$ 9.33
				Total COP	\$ 38,261

Nota. Elaborado por el autor. El análisis se realiza con uno de los grupos de la población objetivo. El costo por estudiante está alrededor de 1800 COP mensuales.

Los 1800 COP por estudiante están cerca de los costos asociados a plataformas de e-Learning en sus versiones básicas de servicios en la nube, aunque en ese caso, no se tendrían herramientas de IA. Si se renta un servidor para servir alguna plataforma e-Learning, el costo mensual de renta puede estar por encima del costo total presentado en la Tabla 7. Los beneficios de GCP para el uso de sus servicios por parte de instituciones

educativas, permitiría implementar más herramientas sin temor a incrementar los costos, sin embargo, esa revisión escapa del alcance de este trabajo.

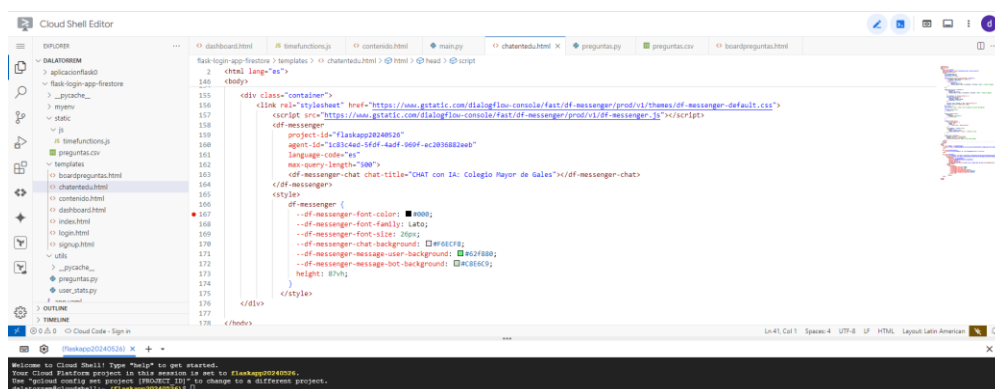
Prototipo

Como resultado del trabajo de campo realizado se lleva a cabo la realización de un prototipo con las soluciones seleccionadas en la Tabla 5. Sin embargo, aspectos relacionados con el funcionamiento y el diseño no son definitivos y se irán ajustando de acuerdo con las opiniones de los diferentes usuarios.

Una versión temprana fue mostrada al grupo de estudiantes de la población con el objetivo de conocer sus percepciones. A continuación, se muestran aspectos relevantes del prototipo y de las etapas del prototipados, además de las percepciones de los estudiantes.

La etapa de desarrollo se realizó en su totalidad en Cloud Shell, herramienta en la nube de Google, por lo que no es necesario realizar ninguna instalación ni tener disponible alguna herramienta y para el desarrollo realizado la capa gratuita fue suficiente.

Figura 39
Desarrollo en Cloud Shell – GCP



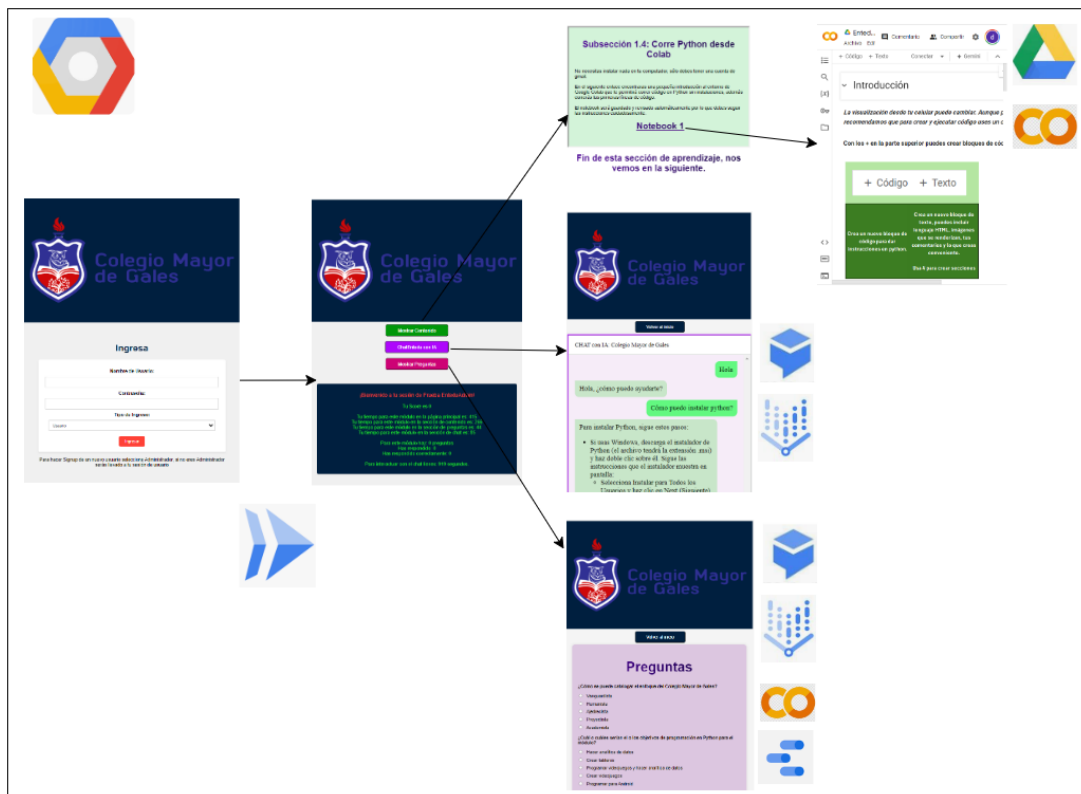
Nota: Elaborado por el autor en el entorno Cloud Shell de GCP.

En esta etapa de desarrollo se usó Flask como framework en Python para el desarrollo de la aplicación, lenguaje HTML para la estructuración de los contenidos y

JavaScript para la generación de funcionalidades que permitan interactuar y que permitan la recolección de los datos para realizar la componente analítica. En la Figura 39 se muestra el entorno de desarrollo.

En esta etapa se desarrollaron funcionalidades clave como el inicio de sesión, el registro de estudiantes, el RAG de la asesoría virtual y de la evaluación de los contenidos, además de los contenidos iniciales. En la Figura 40 se pueden ver las vistas miniatura de las funcionalidades.

Figura 40
Vistas Prototipo



Nota: Elaborado por el autor en draw.io.

A continuación, se muestran las diferentes funcionalidades ya incorporadas en el prototipo:

Inicio de sesión: Se accede con un usuario y contraseña que previamente tuvo que haber sido registrado por un administrador. El ingreso se puede hacer como un usuario que tiene acceso al contenido de la plataforma pero que no puede registrar usuarios ni ver informes generales sobre el uso de la plataforma; la otra forma de ingreso es como administrador que tiene los permisos de usuario y adicional puede registrar nuevos usuarios y acceder a informes y a resúmenes de los datos generados por la plataforma.

Figura 41

Inicio de sesión en la plataforma



Ingresa

Nombre de Usuario:
EnteduAdmin

Contraseña:

Tipo de Ingreso:
Usuario

Ingresar

Para hacer Signup de un nuevo usuario seleccione Administrador, si no eres Administrador serás llevado a tu sesión de usuario

Nota. Elaborado por el autor en Flask-Python, corriendo sobre Cloud Run de GCP

Vista principal: Se tiene acceso al contenido del curso o de la sección al que el usuario esté asignado, a la zona del chat para interactuar con el RAG y a las preguntas registradas para la sección. También se muestra el estado de los tiempos en la plataforma y la cantidad de preguntas asignadas, respondidas y respondidas correctamente.

Figura 42

Vista Inicial plataforma desde móvil

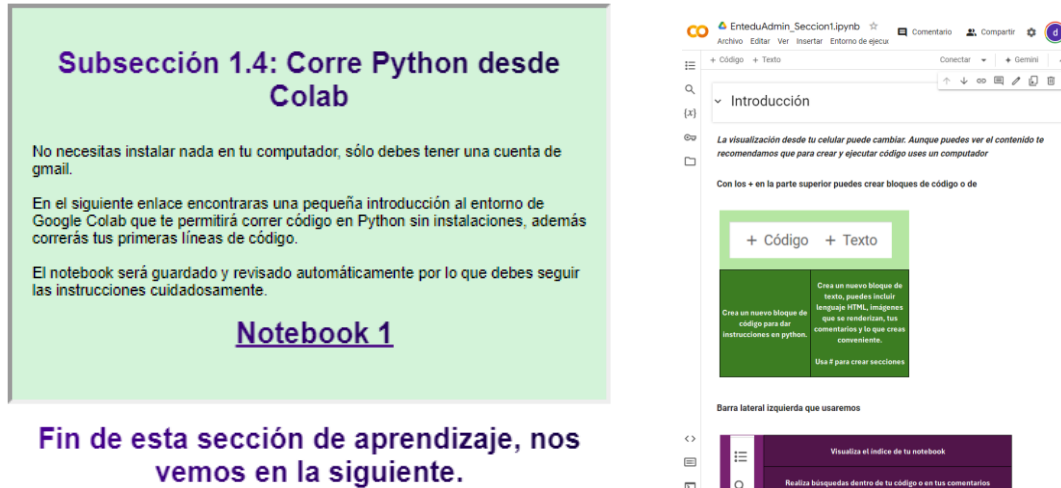


Nota. Elaborado por el autor en Flask-Python, corriendo sobre Cloud Run de GCP

Contenido: Cada curso o sección de curso se puede visualizar en la sección de contenido en la que también se tiene acceso a recursos externos por medio de enlaces, por ejemplo, a aplicaciones de la suite de Google como Colab. El contenido mostrado en esta sección debe estar realizado siguiendo un archivo en PDF guardado desde un procesador de textos como Word que alimenta el RAG.

Figura 43

Contenido curso introductorio de Python



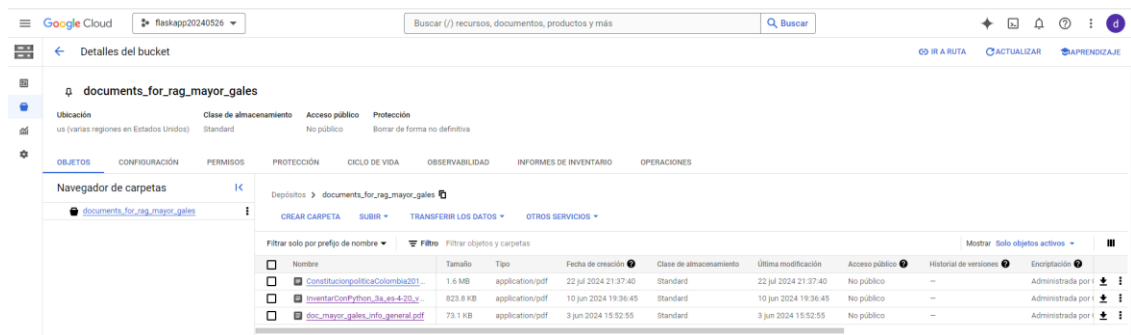
Fin de esta sección de aprendizaje, nos vemos en la siguiente.

Nota. Elaborado por el autor. A la izquierda contenido en Flask-Python, corriendo sobre Cloud Run de GCP, a la derecha material sobre Colaboratory de la suite de Google

Chat con RAG: El chat es la herramienta que permite al estudiante hacer consultas específicas sobre el contenido que está revisando. Los archivos en PDF con los que son desarrollados los contenidos son cargados en GCP y el chat es configurado para que base sus respuestas únicamente en lo que está cargado. El chat también puede ser alimentado con un archivo en PDF de preguntas y respuestas que haya sido revisado por el creador del contenido. En la Figura 44 se observa el almacenamiento de los archivos con los que responde el chat en la etapa de prototipo.

Figura 44

Almacenamiento de archivos para el RAG

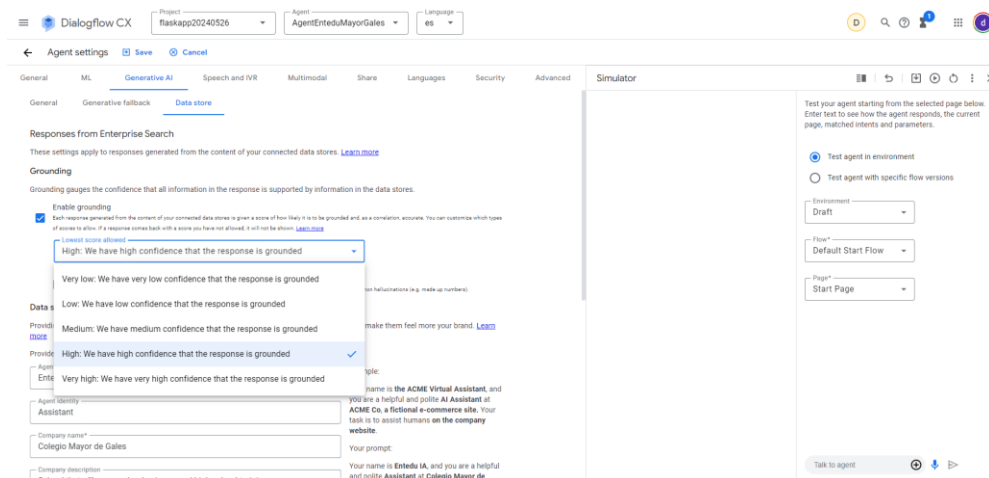


Nota. Elaborado por el autor. Bucket de Cloud Storage de GCP.

Dialogflow disponibiliza el chat en el que ya se encuentran orquestadas funciones predeterminadas y el RAG, la Figura 45 muestra el entorno que alimenta el chat

Figura 45

Entorno de Dialogflow



Nota. Elaborado por el autor. Dialogflow de GCP.

El chat mostrado en el prototipo de la plataforma es servido por Dialogflow, en la Figura 46 se muestra la vista del chat con una interacción chat-usuario, Vertex AI se encarga de generar las respuestas únicamente con los archivos cargados y con el que fue realizado el contenido.

Figura 46

Interacción con el chat usando RAG



Nota. Elaborado por el autor. Framework en Flask-Python, chat servido por Dialogflow

Preguntas: En la sección de preguntas para evaluar la revisión de los contenidos es posible incorporar preguntas cerradas y abiertas, las estadísticas de las respuestas hacen parte del reporte general.

Figura 47

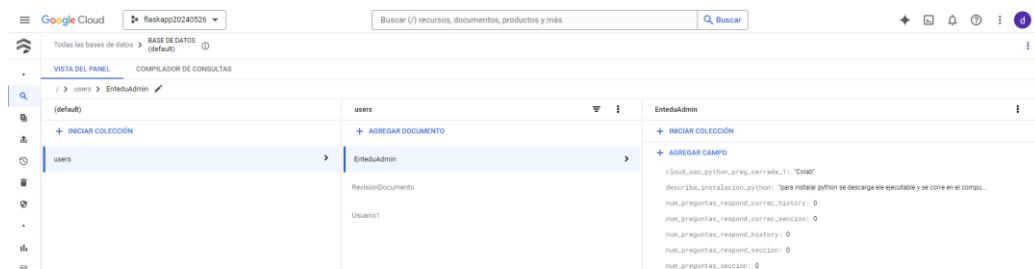
Vista preguntas



Nota. Elaborado por el autor. Framework en Flask-Python

Las respuestas a las preguntas se almacenan en Firestore y luego son analizadas en Colab, para las respuestas a las preguntas cerradas se usan técnicas estadísticas y para las abiertas LLM. En la Figura 48 se muestra la base de datos en la se almacenan las respuestas e información del usuario.

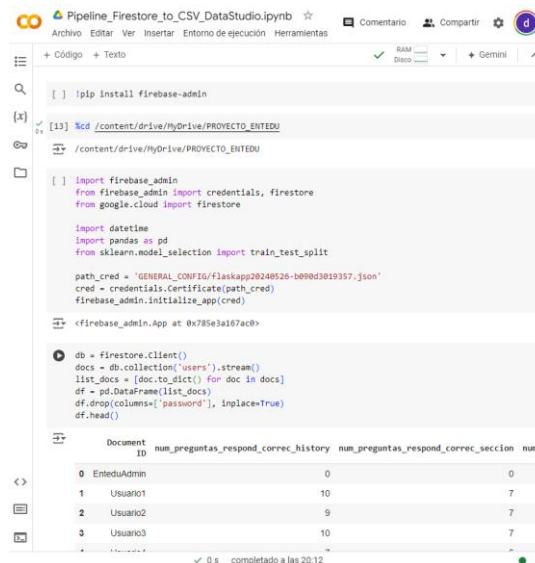
Figura 48
Respuestas en Firestore



Nota. Elaborado por el autor. Firestore de GCP.

Análisis de datos: El proceso de AD de la plataforma inicia con la consolidación de los datos en archivos CSV. En la Figura 49 se muestra el notebook corrido en Colab que consolida la información en Drive.

Figura 49
Pipeline de datos

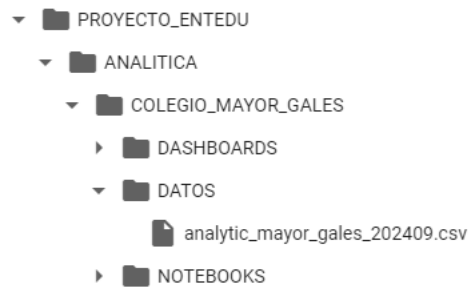


Nota. Elaborado por el autor. Colaboratory Suite de Google.

Los archivos generados en el procesamiento son almacenados en Drive y sirven de insumos para la construcción de los reportes. En la Figura 50 se muestra la estructura de archivos.

Figura 50

Estructura de archivos



Nota. Elaborado por el autor. Drive Suite de Google.

Modelamiento: El desarrollo de modelos se realizará en Colab. Los objetivos de cualquier modelo realizado deben ser claros y teniendo en cuenta esto, se seleccionarán las metodologías estadísticas o de machine learning. En la etapa de prototipo no es posible realizar la identificación de los objetivos para desarrollar un modelo. Sin embargo, la estructura de datos permite realizar el modelamiento aprovechando la estructura de datos y Colab, la muestra un ejemplo de código para el modelamiento.

Figura 51

Notebook de modelamiento

```
Modelamiento

[ ] periodo = datetime.datetime.now().strftime('%Y%m')
path_save = f'ANALITICA/COLEGIO_MAYOR_GALES/DATOS/analytic_mayor_gales_{periodo}.csv'
df.to_csv(path_save, index=False)

[ ] El código sugerido puede estar sujeto a licencia | TheJacksonLaboratory/drug-synergy | Sushma-M-Sharma/Case-study-of-loan-predicti...
from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier, DecisionTreeRegressor
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier, RandomForestRegressor
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier, KNeighborsRegressor
from sklearn.linear_model import LogisticRegression, LinearRegression

[ ] from re import X
X = df.drop(columns=['score_actual'])
y = df['score_actual']
X_train, y_train, X_test, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

[4] El código sugerido puede estar sujeto a licencia | 3dspace/ml-thru-heroke
model = DecisionTreeRegressor()
model.fit(X_train, y_train)
y_pred_test = model.predict(X_test)
```

Nota. Elaborado por el autor. Colaboratory Suite de Google.

Percepciones sobre el prototipo

Se presenta el análisis de los resultados del instrumento Focus Group 3 aplicado a los estudiantes. Este instrumento se realizó de manera presencial en las instalaciones del colegio hay videos de algunos momentos del espacio, sin embargo, no son con compartidos en este documento.

La Figura 54 muestra los términos que más sobresalen de las opiniones de los estudiantes, dentro de los términos más relevantes se encuentran “ayudar” y “herramienta”. El término “interacción” se encuentra asociado al uso de la plataforma, pero también a la necesidad de interacción con los docentes.

Figura 54

Nube de palabras I6 FG3 E



Nota. Elaborado por el autor en Colab con Python.

- *¿Qué opina de que se contabilice el tiempo de uso e interacción de la aplicación? En cuanto a registrar el tiempo de uso los estudiantes no lo ven perjudicial pero tampoco creen que aporte en algo, la interacción si es considerada como un aspecto necesario. El registro de los tiempos empleados para revisar contenidos, contestar preguntas o interactuando con el chat, constituyen una herramienta esencial para luego realizar análisis que ayuden a entender comportamientos que mejoran los desempeños de los estudiantes.*
- *¿Qué opina de que la aplicación tenga un chatbot con IA que le ayude a solucionar algunas dudas sobre temas específicos y orientado por un material*

autorizado por el colegio? Los estudiantes se muestran a favor de poder enfocar las respuestas que les puede proponer una herramienta de IA, surgen varias recomendaciones adicionales sobre los contenidos.

- *¿Cree que el chatbot podría reemplazar a un tutor o profesor?* Los estudiantes son muy claros en contestar que en no consideran que ningún tipo de herramientas vayan a sustituir las experiencias vividas con un docente en el aula.
- *¿Qué opina del uso de herramientas como el Notebook de Colab que permiten poner en práctica lo aprendido? (Colab: herramienta disponible gratuita para programar en Python)* Los estudiantes responden que les podría ayudar, sin embargo, se evidencia que la madurez en el conocimiento de este tipo de herramientas, no les permite vislumbrar el cómo estas herramientas podrían ayudar significativamente.
- *¿Cree que el contenido mostrado expone claramente los conceptos?* Se mostró una parte del contenido, sin embargo, no se consideró realizar esta pregunta debido a que no existe aún una interacción directa con el prototipo de parte de los estudiantes.

Plan de implementación

Dentro del alcance de este trabajo se estableció la propuesta de un plan de implementación, aunque existen avances que podrían considerarse como tareas ya realizadas de ese plan, aún existen actividades que requieren un esfuerzo adicional y en el que la institución educativa juega un papel fundamental.

Se considera de suma importancia realizar una estrategia que garantice la adopción y el uso de las herramientas desarrolladas. A continuación, se presentan tres fases para la implementación.

F1. Sensibilización: En esta etapa se debe socializar con los actores implicados; capacitar a estudiantes y docentes responsables de material; y revisar aspectos de infraestructura. Los siguientes son aspectos específicos que se deberían considerar:

- Realizar una sesión de aproximadamente media hora con los estudiantes de la población seleccionada, el autor de este trabajo y promotor de la iniciativa, los docentes que contribuyen a la construcción de los contenidos y al menos un representante de las coordinaciones o directivas del colegio para explicar los objetivos de la propuesta y los beneficios.
- Publicar por los canales de la institución educativa la iniciativa que se desarrollará con la población objetivo y revisar comentarios para encontrar aspectos de consideración y posiblemente más interesados.
- Realizar una capacitación de media hora y la construcción de un material, dirigido a los docentes sobre la forma en la que deben alinear los documentos para que la IA y específicamente los RAG pueden tener el mejor desempeño.
- Realizar una capacitación de no más de media hora, puede ser virtual y asincrónica dirigida a los estudiantes, sobre el uso de la plataforma.
- La infraestructura tecnológica para la puesta en producción de las soluciones planteadas en este trabajo será prestada por el autor cómo uso gratuito de los recursos que ofrece GCP en la cuenta asociada al proyecto hasta agotar existencias de dichos recursos.
- Para los estudiantes que no cuenten con algún recurso o dispositivo necesario para la plataforma se establecerá un plan con la institución educativa para hacer uso en algunos espacios.

F2. Piloto: La población objetivo de este trabajo constituye el grupo seleccionado para el piloto. Los siguientes aspectos se deben tener en cuenta:

- Crear los usuarios y dar acceso a los estudiantes de la población objetivo.
- De parte del autor dar soporte técnico y pedagógico a docentes y estudiantes.
- Elaborar tableros de control donde se reporten los análisis de datos de las mediciones realizadas en la plataforma en cuanto tiempo de interacción, desempeño en las actividades y otras que surjan de las mediciones realizadas.
- Realizar revisiones de los tableros y socializar los resultados para medir satisfacción y realizar ajustes.

F3. Gran escala, sostenibilidad y mejoras: En caso de obtener una adopción de la plataforma y si el resto de la institución educativa se muestra interesada en ser participe del uso de la plataforma, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Estudio de los costos por uso a una escala mayor a la pensada en el piloto realizado con la población objetivo.
- Lanzamiento gradual, inicialmente orientado a poblaciones de estudiantes con características similares a la población objetivo.
- Monitoreo de los tableros de control realizados para realizar ajustes y conocer indicadores de desempeño y del uso de los estudiantes.
- Comunicar los logros de la aplicación justificado en los indicadores de la misma aplicación, en niveles de satisfacción o incluso en pruebas académicas.
- Realizar revisiones de las necesidades tecnológicas y mantenimientos.
- Realizar capacitaciones para los nuevos actores que intervienen en la plataforma por distintas circunstancias.
- Implementar mejores prácticas para optimizar los recursos.

Discusión

Para la población analizada, los recursos tecnológicos como dispositivos móviles, computadores y el acceso a internet, no constituyen un factor que impida el acceso a plataformas educativas, aunque, no tampoco se evidencia el uso de soluciones específicas basadas en tecnología para mejorar los procesos educativos.

Los estudiantes participantes exponen que tienen facilidad y un constante uso de diferentes aplicaciones, aunque herramientas que ayuden en sus actividades académicas no son frecuentes y hay opiniones que apuntan a que pueden ser de difícil uso. Si bien, los estudiantes consideran importante el uso de tecnología en los procesos educativos, no están familiarizados con términos como IA ni AD.

Desde el punto de vista de los padres, en su mayoría, se encuentran opiniones a favor del uso de tecnología. La falta de herramientas que ayuden en los procesos de comunicación y de acceso a la información parecen ser aspectos de consideración para los padres.

En el caso de los docentes, algunos apoyan el uso de tecnologías en los procesos educativos, aunque también existen docentes que no parecen estar a favor. En este caso es relevante exponer que la implementación de recursos basados en tecnología, aunque a largo plazo puede disminuir las cargas laborales, es evidente que etapas de implementación y de adopción de nuevas tecnologías, los docentes deben asumir cargas laborales adicionales.

Aunque no se puede generalizar los hechos evidenciados en esta investigación, debido a que la elección del colegio y la población no constituye una muestra aleatoria del universo de colegios de Bogotá, sí es cierto que muchas poblaciones en colegios de sectores de estrato 2 y 3 se encuentran en situaciones similares en relación con los recursos tecnológicos y la disposición para el uso de plataformas educativas.

Cuando se aclaran algunos términos y se explica algunas de las herramientas que grandes empresas usan para tomar decisiones y para apalancar sus procesos, los actores del proceso educativo reconocen que incorporar ese tipo de herramientas en el contexto educativo, traería beneficios significativos. Sin embargo, los costos de estas herramientas en muchos casos no son accesibles incluso para varios sectores de la economía, por esta razón, la optimización de los costos para soluciones que aportan en el proceso educativo es un aporte de esta investigación.

Los LLM y específicamente los RAG, contribuirán a dar soporte en la comunicación, retroalimentación y en el aprendizaje en el contexto de la educación, esto es entendido como un beneficio y aporte a las expectativas de padres, estudiantes y docentes. El acceso a información estructurada y analizada sumado al entendimiento de la situación de cada estudiante permite tomar decisiones que apunten un mejor desempeño, esto al final, como expresan los actores del proceso educativo tiene un impacto positivo.

Al buscar desarrollar un prototipo y diseñar un plan de implementación de plataforma educativa se encuentra que, aunque existan muchas soluciones para generar plataformas, es fundamental entender las necesidades y expectativas de los actores del proceso educativo, principalmente los estudiantes. Entender la posición que tienen los estudiantes, padres y docentes frente al uso de nuevas tecnologías permite proponer soluciones que se salen de lo que generalmente ofrecen plataformas tradicionales, si bien es cierto, que los recursos son una limitante, es posible incorporar soluciones que impacten de manera positiva.

La pandemia en 2020 no sólo modificó los formatos de trabajo, incrementando considerablemente los trabajos remotos, sino que también, como exponen Misirli & Ergulec (2021) se incrementó la adopción digital en estudiantes y el nivel de compromiso con la tecnología para los procesos educativos de parte de padres y estudiantes. Misirli & Ergulec (2021) también resaltan el papel que tiene la escuela como espacio social aparte

del lugar de aprendizaje; en una de las sesiones de encuentro con los estudiantes de la población objetivo de esta investigación se preguntó sobre la opinión acerca de que las plataformas y la IA vayan reemplazando el papel de la escuela y del docente, la respuesta de los estudiantes fue categórica en favor de que la escuela y el docente no serán reemplazados exponiendo aspectos como la socialización, el entrenamiento y la facilitación, factores también expuestos por Misirli & Ergulec (2021).

En la misma línea por la que en este documento se propuso la solución de asesoría virtual con uso de RAG, Ardimento, Bernardi, & Cimitile (2024), indican las limitaciones de los enfoques de tutoría convencionales y las debilidades del uso exclusivo de modelos como ChatGPT. Ellos proponen un sistema de tutoría que integra modelos RAG y agentes inteligentes para recuperar información e ir mejorando el desempeño del modelo. Liu, Hoang, Stolman, & Wu (2024) desarrollan un Sistema que usando RAG y centrado en el papel del educador sobre el proceso educativo, permite crear un asistente que provee soporte en temas específicos.

Hay pocos casos de uso de learning analytics en el que los datos se generen e la interacción de estudiantes con plataformas, existen oportunidades de aportar en ese campo (Bravo, López, & Guerrero, 2020). Aquí es necesario complementar que, la ausencia de plataformas personalizables que permitan recopilar la información necesaria para posteriores análisis dificulta en el contexto educativo local la incorporación de técnicas analíticas para la toma de decisiones; en pocas palabras, sino se tienen los medios para recopilar datos, no se va a tener analítica del aprendizaje.

Dentro de la serie de herramientas basadas en IA con enfoque a estudiantes o a docentes que proponen Holmes & Tuomi, (2022) destacan, asistentes basados en simulaciones o asistentes enfocados en estudiantes con discapacidad. Dentro del análisis de costos realizados en esta investigación se observó que con el servicio de

Vertex AI y Dialogflow cx también se podría proveer un asistente que ayude a la población con discapacidad visual, sin embargo, no se profundiza en el tema.

Son pocas las investigaciones sobre la combinación de aprendizaje exploratorio y practicas estructuradas y su aplicación en contextos de educación tecnológica no es amplia (Mavrikis, Rummel, Wiedmann, & et al, 2022). Para el contenido de Python que se desarrolla en la plataforma se usará Colab, entorno en el que el estudiante tiene libertad para iterar y experimentar a la vez que debe seguir una serie de pasos que están predefinidos para cumplir un objetivo. El resultado de cada estudiante se procesa por un modelo que toma el código base del objeto compartido y es capaz de analizar si se cumplió con los objetivos de la práctica estructurada. Esta herramienta puede ser también mejorada con el uso de un modelo LLM que brinde recomendaciones basado en un modelo de respuesta.

Conclusiones y Trabajo Futuro

Habiendo explorado el potencial que tiene la IA y la AD para potenciar los procesos de educación aun cuando existan restricciones de recursos, quedan abiertos diversos escenarios que se pueden explorar y unos resultados considerables que se exponen en seguida.

Conclusiones

- La IA y la AD conviviendo en un entorno educativo genera beneficios y soluciones a las necesidades de los actores del proceso educativo. Desde la parte técnica los avances permiten un desarrollo e implementación en periodos relativamente cortos y con costos accesibles.
- Aunque la población seleccionada no tiene la posibilidad de hacer una inversión importante para facilitar el acceso a plataformas con las últimas tecnologías, se identificó que los recursos como computadores o dispositivos móviles y el acceso a internet si están presentes. En caso de tener un proceso de adopción de otra población es necesario tener en cuenta instrumentos como los presentados en esta investigación en los que se realice un análisis de los recursos disponibles. Las expectativas planteadas por los estudiantes apuntan a soluciones específicas como asesorías permanentes en temas que se les dificultan. Los padres tienen la necesidad de tener procesos de comunicación más eficientes y un mayor acceso a la información. Docentes a favor de la tecnología en los procesos educativos consideran que herramientas de IA podrían ayudarles en tareas repetitivas y sumado a la AD podrían ayudarles a tomar mejores decisiones.
- Los adelantos en IA y metodologías de AD junto a un enfoque de diseño centrado en el usuario, permiten plantear soluciones a gran parte de las necesidades y expectativas de los actores del proceso educativo. Los recientes avances de IA generativa y la posibilidad de acceder a los recursos computacionales necesarios para ejecutar las herramientas de IA y los métodos de AD van a generar soluciones innovadoras en las que etapas rápidas de pruebas y prototipos aseguran su efectividad y usabilidad.

- Al seleccionar la prioridad de soluciones a implementar juegan un papel importante; el impacto sobre el actor principal, en este caso los estudiantes, los costos y la velocidad con la que se pueda desarrollar y proponer una solución que sea evaluable.
- La incorporación de nuevas tecnologías y de recursos nubes permiten disminuir los costos de soluciones que bajo el enfoque de compra o renta de servidores no sería posible, también permite aumentar la escalabilidad de la plataforma. Además, existen capas gratuitas que permitan seleccionar servicios para desarrollar soluciones a la medida de las expectativas de los actores del proceso educativo.
- Las herramientas con uso de IA y AD en general son bien acogidas por padres, estudiantes y docentes cuando ellos mismos tienen la posibilidad de participar del proceso de construcción de dichas herramientas.
- En la etapa de prototipado es fundamental la evaluación continua de funcionalidades y generar cambios a nivel técnico o a nivel de contenido. La implementación de una plataforma e incluso de un piloto de plataforma requiera generar un plan en el que se incluyan temas de alfabetización de nuevas tecnologías y su adopción.

Trabajo futuro

El crecimiento en la capacidad de cómputo y los avances en modelos generativos, como los RAG, dejan abierta la puerta para más y mejores soluciones a las expectativas y necesidades de los actores del proceso educativo. Una línea de trabajo futuro es la creación de modelos de alto desempeño enfocados a tareas o poblaciones muy específicas; ya hay trabajos disponibles en este sentido que han mostrado mejoras significativas.

Los servicios en la nube actuales pueden ofrecer soluciones adaptables a poblaciones con algún tipo de discapacidad. Otro campo en el que se puede incursionar a futuro es la generación de plataformas más inclusivas con uso de servicios en la nube.

En este estudio se propusieron varias soluciones que no se seleccionaron como prioridades, el desarrollo e implementación de estas soluciones son un trabajo a futuro en

el corto plazo. Se realizará un ciclo de prototipado acompañado de una evaluación continua de las funcionalidades para probar y realizar mejoras. En esta misma línea, se revisarán las capas gratuitas para servicios ofrecidos por GCP para instituciones educativas que potencien las soluciones planteadas o permitan la concepción de nuevas ideas.

Referencias

- Al Kurdi, B., Alshurideh, M., & Salloum, S. (2020). Investigating a theoretical framework for e-learning technology acceptance. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*.
- Aldowah, H., Al-Samarraie, H., & Fauzy, W. (2019). Educational data mining and learning analytics for 21st century higher education: A review and synthesis. *Telematics and Informatics*, 13-49.
- Ardimento, P., Bernardi, M., & Cimitile, M. (2024). Teaching UML using a RAG-based LLM. In *2024 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) IEEE*, 1-8.
- Baepler, P., & Murdoch, C. (2010). Academic analytics and data mining in higher education. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 4(2), 17.
- Bravo, L., López, H., & Guerrero, C. (2020). Transformación de la educación frente a la pandemia y la analítica de datos. *Revista Boletín Redipe*, 91-99.
- Camacho, D., & Sáenz, J. S. (2020). Plataforma educativa virtual NAWOWA: Análisis de su prueba piloto. *Cambios Y Permanencias*, 11(2), 366–392. Obtenido de <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistacyp/article/view/11703>
- Cardona Arteaga, C. A., & Ángel Uribe, I. C. (2023). Uso y apropiación de TIC de los docentes colombianos. Un estado del arte. *Actualidades Pedagógicas*. doi:<https://ciencia.lasalle.edu.co/ap/vol1/iss80/8/>
- Caro, L., & Flores Rodríguez, N. (2018). Programas educativos con uso de TIC en la región Bogotá Cundinamarca – Colombia- un modelo de evaluación. *EDMETIC*. doi:<https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.6746>
- Chen, X., Xie, H., Zou, D., & Hwang, G.-J. (2020). Application and theory gaps during the rise of Artificial Intelligence in Education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100002>
- Chen, Y. H., Sze, V., Yang, T. J., & Emer, J. S. (2017). Efficient processing of deep neural networks: A tutorial and survey. *Proceedings of the IEEE*, 105(12), 2295-2329.
- Cruz, A. G., Molina, M. A., & Valdiri, V. (2019). Vigilancia tecnológica para la innovación educativa en el uso de bases de datos y plataformas de gestión de aprendizaje en la universidad del Valle, Colombia. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 9(2), 303-317.
- Dans, E. (2009). Educación online: plataformas educativas y el dilema de la apertura. *Universitat Oberta de Catalunya*.
- Druga, S., Christoph, F., & Ko, A. (2022). Family as a Third Space for AI Literacies: How do children and parents learn about AI together? In *Proceedings of the 2022 CHI conference on human factors in computing systems*, 1-17.

- Freitas, H., Oliveira, M., Jenkins, M., & Popjoy, O. (1998). The Focus Group, a qualitative research method. *Journal of Education*, 1-22.
- García Villegas, M., & Quiroz López, L. (2011). Apartheid educativo: educación, desigualdad e inmovilidad social en Bogotá. *Revista de Economía Institucional*.
- Google. (2023). *Cloud Google Learn*. Obtenido de <https://cloud.google.com/learn/what-is-iaas?hl=en#iaas-vs-paas-vs-saas>
- Google. (2024). *Price List*. Obtenido de <https://cloud.google.com/pricing/list/?hl=en>
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, P. (2008). Ampliación y fundamentación de los métodos mixtos. *Fundamentos de metodología de la investigación* 376.
- Holmes, W., & Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, 542-570.
- Holmes, W., & Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, 542–570.
doi:<https://doi.org/10.1111/ejed.12533>
- Ley 1341. (2009). Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=36913#:~:text=6.,especial%20beneficiando%20a%20poblaciones%20vulnerables>
- Ley 1581. (2012). Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>
- Liu, C., Hoang, L., Stolman, A., & Wu, B. (2024). HiTA: A RAG-Based Educational Platform that Centers Educators in the Instructional Loop. *In International Conference on Artificial Intelligence in Education*, 405-412.
- Lopez, H., & Perry, G. (2008). Inequality in Latin America: determinants and consequences. *World Bank Policy Research Working Paper*.
- Lopezosa, C., Goyanes, M., & Codina, L. (2024). Acelerando la investigación cualitativa con inteligencia artificial: una guía práctica para el diseño, desarrollo y ejecución de investigación con entrevistas. *Col·lecció del CRICC. Barcelona: Universitat de Barcelona*. doi:<http://hdl.handle.net/2445/211948>
- Magallanes Ronquillo, K. K., Plúas Pérez, L., Aguas Veloz, J. F., & Freire Solís, R. L. (2023). La inteligencia artificial aplicada en la innovación educativa en el proceso de enseñanza y aprendizaje: Artificial intelligence applied to educational innovation in the teaching and learning process. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 1597-1613.
- Masadeh, M. A. (2012). Focus group: Reviews and practices. *International Journal of Applied Science and Technology*, 2(10)., 63-68.

- Mavrikis, M., Rummel, N., Wiedmann, M., & et al. (2022). Combining exploratory learning with structured practice educational technologies to foster both conceptual and procedural fractions knowledge. *Education Tech Research Dev*, 691-712.
- Mhlanga, D. (2023). Open AI in education, the responsible and ethical use of ChatGPT towards lifelong learning. *Education, the Responsible and Ethical Use of ChatGPT Towards Lifelong Learning*.
- Misirli, O., & Ergulec, F. (2021). Emergency remote teaching during the COVID-19 pandemic: Parents experiences and perspectives. *Education and information technologies*, 6699-6718.
- Monroy Durán, C. A. (2023). Diseñar un sistema de aprendizaje adaptativo con machine learning para estudiantes en Colombia. [Trabajo de grado de pregrado, Universidad EAN]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10882/12701>
- Navarrete, J. M. (2000). El muestreo en la investigación cualitativa. *Investigaciones sociales*, 165-180.
- Orduz Duarte, E. J. (2021). Plan estratégico con enfoque financiero del Colegio ABC De la ciudad de Bogotá [Tesis de maestría, Universidad EAN]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/10926>.
- Ortegon Bolivar, J. A. (2009). El impacto de las tecnologías de la información y la comunicación en la operatividad de la administración pública de Bogotá DC Y su relación con el ciudadano en el sector de la educación. *E-mail Educativo*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/email/article/view/13110>
- Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100020.
- Pardo, A., & Siemens, G. (2014). Ethical and privacy principles for learning analytics. *British journal of educational technology*, 45(3), 438-450.
- Pinzón, Y. P., Poveda, O., & Pérez, A. (2015). Un estudio sobre el desarrollo del pensamiento aleatorio usando recursos educativos abiertos. *Apertura*, 7(1), 1-13.
- Potgieter, I. (2020). Privacy concerns in educational data mining and learning analytics. *The International Review of Information Ethics*, 28.
- Rodríguez, J. S. (2005). Plataformas tecnológicas para el entorno educativo. *Acción pedagógica*, 14(1), 18-24.
- Romero, C., & Ventura, S. (2010). Educational data mining: a review of the state of the art. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (applications and reviews)*, 40(6), 601-618.
- Romero, C., & Ventura, S. (2013). Data mining in education. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data mining and knowledge discovery*, 3(1), 12-27.
- Secretaría de Educación del Distrito. (2022). *Informe de caracterización y diagnóstico de colegios privados de Bogotá*. Bogotá.
- Su, J., Ng, T. K., & Chu, S. K. (2023). Artificial Intelligence (AI) Literacy in Early Childhood Education: The Challenges and Opportunities. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100124>

- Williams, R. (2018). PopBots: leveraging social robots to aid preschool children's artificial intelligence education. *Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology*.
- Yan, L., Sha, L., Zhao, L., Li, Y., Martinez-Maldonado, R., Chen, G., . . . Gašević, D. (2023). Practical and ethical challenges of large language models in education: A systematic scoping review. *British Journal of Educational Technology*.
- Yangali, J., & Escobar, C. (2021). Estrategia de intervención para optimizar la comunicación con padres de familia en Bogotá. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.13053/5442>

A. Anexo. Instrumentos

Tabla 8

Versión inicial de instrumentos

Dirigida a	Pregunta	Cumple	No Cumple	Modificar	Observaciones
Docente	¿Cuál es su opinión sobre el acceso a la información relacionada con instituciones educativas en Bogotá que le permita tomar una decisión sobre la elección de una de ellas?		x		Sin relación con las variables.
Docente	¿Ha hecho uso de herramientas que permitan seguir en general algún tipo de proceso?			x	Incluir proceso académico en lugar de general y AD.
Docente	¿Qué opinión tiene del uso de tecnologías de la información por parte de instituciones educativas en Bogotá (excluyendo instituciones de educación superior)?			x	Enfocar colegio.
Docente	¿Cómo percibe el uso de herramientas que ayuden a los padres a conocer el proceso educativo de sus hijos cuando la comunicación directa con los docentes no puede ser constante?	x			
Docente	¿Cuántas veces al día hace uso de herramientas tecnológicas para sus labores?	x			
Docente	¿Le interesaría participar en pruebas de desarrollo de una aplicación?	x			
Docente	Califique de 1 a 10 las herramientas tecnológicas usadas actualmente en la institución para el desarrollo de sus actividades educativas.		x		Muy similar a otra ya revisada
Docente	Califique de 1 a 10 la importancia que tienen las herramientas tecnológicas en la actividad docente			x	Formular abierta
Docente	Califique de 1 a 10 que tanto estaría de acuerdo con que la docencia debe hacer uso de herramientas tecnológicas en el desarrollo de los procesos educativos.				Alta correlación con anterior

Docente	¿Cuántas veces al día se comunica con los padres de sus estudiantes?	x	No incluir, revisar padres
Padres	¿Cuántas veces al día revisa las calificaciones de su hijo?		Dicotómica, por semana
Padres	¿Cuántas veces al día revisa la asistencia de su hijo?		Dicotómica, por semana la participación
Padres	¿Cuántas veces al día revisa las tareas o actividades de su hijo?	x	Unir con anterior
Padres	¿Cuántas veces al día se comunica con los docentes de su hijo?		Dicotómica, por semana
Padres	¿Cómo padre cuántas veces al día cree que el estudiante debería usar algún recurso tecnológico relacionado con el proceso educativo?		Dicotómica, por semana
Estudiante	¿Cuántas veces al día usa algún recurso tecnológico relacionado con el proceso educativo?		Dicotómica, por semana
Estudiante	Califique de 1 a 10 para usted como estudiante cuál es la facilidad del uso de la tecnología.		Dicotómica
Estudiante	Califique de 1 a 10 para usted como estudiante cómo influye el uso de la tecnología en el ámbito de la educación		Dicotómica
Estudiante	Califique de 1 a 10 para usted como estudiante que beneficios tiene el uso de la tecnología		Dicotómica

Nota. Elaborado por el autor. Las evaluaciones iniciales corresponden al Evaluador 1 quién además sugirió incluir algunas preguntas adicionales a los estudiantes que se ven en la Tabla 9.

Tabla 9

Versión de instrumentos validados

Código pregunta	Dirigida a	Pregunta
1	Docente	¿Ha hecho uso de herramientas de AD que permitan seguir el proceso académico de sus estudiantes?
2	Docente	¿Qué opinión tiene del uso de tecnologías de la información en la institución educativa?

3	Docente	¿Cómo percibe el uso de herramientas de a AD o IA que ayuden a los padres a conocer el proceso educativo de sus hijos cuando la comunicación directa con los docentes no puede ser constante?
4	Docente	¿Cuántas veces al día hace uso de herramientas tecnológicas para sus labores?
5	Docente	¿Le interesaría participar en pruebas de desarrollo de una aplicación?
6	Docente	¿Cuál es la importancia que tienen las herramientas tecnológicas en la actividad docente?
7	Padres	¿Revisa al menos una vez por semana las calificaciones de su hijo?
8	Padres	¿Revisa al menos una vez por semana la participación de su hijo en actividades académicas?
9	Padres	¿Se comunica al menos una vez por semana con al menos un docente de su hijo?
10	Padres	¿Considera que al menos una vez por semana su hijo debería usar algún recurso tecnológico relacionado con su proceso educativo?
11	Estudiante	¿Usa al menos una vez por semana algún recurso tecnológico relacionado con su proceso educativo?
12	Estudiante	¿Considera que tiene facilidad para acceder a una aplicación desde celular o computador?
13	Estudiante	¿Considera que tiene facilidad para acceder a recursos tecnológicos como internet?
14	Estudiante	¿Considera que el uso de la tecnología influye de manera positiva en el ámbito de la educación?
15	Estudiante	¿Considera que el uso de la AD y la IA tienen impacto positivo en el proceso educativo?

Nota. Elaborado por el autor. Preguntas validadas. Las baterías de preguntas de los instrumentos I2 BP1 D, I3 BP2 E e I4 BP3 P (ver Figura 4) corresponden a las preguntas de esta tabla filtrando respectivamente por Docente, Estudiante y padre.

Tabla 10

Variables y códigos

Código variable	Variable
V1	Acceso a recursos tecnológicos orientados a la educación para los estudiantes
V2	Facilidad del uso de la tecnología por parte de los estudiantes
V3	Acceso a la información académica de parte de los padres
V4	Comunicación de los padres con los docentes
V5	Uso de herramientas tecnológicas por parte de los docentes

Nota. Elaborado por el autor

Figura 55

Instrucciones para los evaluadores del instrumento

INSTRUCCIONES: Para validar el instrumento de diagnóstico requerido en el presente estudio, se han identificado una serie de variables y un grupo preguntas que las describen.

Califique cada una de las preguntas formuladas siendo

4 Muy pertinente
3 Pertinente
2 Medianamente pertinente
1 Poco pertinente

0 No pertinente en desacuerdo, en relación a su grado de claridad, pertinencia y relevancia.

Por favor tenga en cuenta las siguientes definiciones:

Claridad: Hay buena redacción en la pregunta y es fácil de comprender.
 Pertinencia: La pregunta tiene alta relación con la variable identificada.
 Relevancia: Se evidencia un enfoque teórico adecuado en la redacción de la pregunta.

Nota. Elaborado por el autor

Tabla 11

Evaluación de Instrumentos: Evaluador 1

Código pregunta	Claridad	Pertinencia	Relevancia
1	4	4	4
2	3	4	4
3	3	4	4
4	4	4	4
5	4	4	4
6	3	4	4
7	4	4	4
8	4	4	4
9	4	4	4
10	4	4	4
11	4	4	4
12	4	4	4
13	3	4	4
14	4	4	4
15	4	4	4

Nota. Elaborado por el autor. Evaluación dada por el Magíster Cesar Ibañez Math

elementary teacher 5 th grade en District of Columbia

Tabla 12

Evaluación de Instrumentos: Evaluador 2

Código pregunta	Claridad	Pertinencia	Relevancia
1	4	4	4
2	3	3	4
3	2	3	3
4	4	4	2

5	4	4	4
6	4	4	4
7	4	4	4
8	4	3	3
9	4	4	4
10	4	4	4
11	4	4	4
12	4	4	4
13	3	3	3
14	4	4	4
15	4	4	4

Nota. Elaborado por el autor. Evaluación dada por la Doctora Carolina Albarracín

Docente en Universidad del Rosario.

Tabla 13

Evaluación de Instrumentos: Evaluador 3

Código pregunta	Claridad	Pertinencia	Relevancia
1	4	4	4
2	3	4	4
3	4	4	4
4	4	4	4
5	4	4	4
6	4	4	4
7	3	4	4
8	2	4	4
9	4	4	4
10	4	4	4
11	4	4	4
12	4	4	4
13	4	4	4
14	4	4	4
15	4	4	4

Nota. Elaborado por el autor. Evaluación dada por Magíster Luis Campos Profesional en Analítica de Datos en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Tabla 14

V de Aiken

Código pregunta	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	V DE AIKEN
1	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.92	0.83	0.92	0.89
3	0.92	0.67	1.00	0.86
4	1.00	0.83	1.00	0.94
5	1.00	1.00	1.00	1.00
6	0.92	1.00	1.00	0.97
7	1.00	1.00	0.92	0.97
8	1.00	0.83	0.83	0.89
9	1.00	1.00	1.00	1.00
10	1.00	1.00	1.00	1.00
11	1.00	1.00	1.00	1.00
12	1.00	1.00	1.00	1.00
13	0.92	0.75	1.00	0.89
14	1.00	1.00	1.00	1.00
15	1.00	1.00	1.00	1.00

Nota. Elaborado por el autor. El instrumento fue validado con un valor superior al 80% por cada pregunta.

B. Anexo. Costos operativos

Tabla 15

Fórmulas costos operativos

		Valor	Parámetro		
		22	Número de estudiantes		
		5	Horas estimadas por mes por usuario		
		0.5	Tamaño Plataforma		
		0.7	Tráfico estimado por usuario GB		
		10	Número de consultas a la IA por estudiante		
		0.8	Tasa de pasadas a modelo de IA, tasa de consultas que pueden ser respondidas con el contenido		

Servicio-ítem	Unidad (U)	Num (U)	Costo (U) USD	Capa Gratis (U)	costo total USD
Cloud Run - Invocaciones	Invocación	=D4*E6	=0.4/10*E	=2*10*E	=MAX((E13-G13)*F13,0)
Cloud Run - VCPU	Segundos	=D4*E5*3600	0.000024	100000	=MAX((E14-G14)*F14,0)
Cloud Run - Memoria	GB por seg	=D6*D4*E5*3600	0.0000025	360000	=MAX((E15-G15)*F15,0)
Cloud Run - Tráfico	GB	=D4*E7	0.12	1	=MAX((E16-G16)*F16,0)
Dialogflow cx - standard	query	=1*E6*D6*D4	0.007	0	=MAX((E17-G17)*F17,0)
Vertex AI - Agents Chat	query	=D9*E6*D4	0.042	0	=MAX((E18-G18)*F18,0)
Firestore studio - Stored Data	GB	1	0.156	1	=MAX((E19-G19)*F19,0)
Firestore studio - Doc Reads	registro x día	=D4*E9	0.031	50000	=MAX((E20-G20)*F20,0)
Firestore studio - Doc Write	registro x día	=D4*E9	0.094	20000	=MAX((E21-G21)*F21,0)
Firestore studio - Doc Reads	registro x día	=D4*E9	0.01	20000	=MAX((E22-G22)*F22,0)
Cloud Storage - Standard	GB	1	0.035	0	=MAX((E23-G23)*F23,0)
Cloud Shell	Hora	Ind	0	0	0
Data Studio	Hora	Ind	0	0	0
Colab	Hora	Ind	0	0	0
				Total USD	=SUMA(H13:H18)
				Total COP	=H27*4100

Nota. Elaborado por el autor.