



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE COMPUTACIÓN

DESARROLLO DE UN SISTEMA EDUCATIVO BASADO EN DINÁMICAS
GAMIFICADAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA CULTURA CAÑARI CON
GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE NARRATIVAS USANDO UN MODELO
MULTIMODAL

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero en Ciencias de la Computación

AUTORES: EDUARDO PAÚL ARCE MALDONADO

ANDRÉS PAÚL CHABLA MUÑOZ

TUTOR: ING. ÁNGEL ANDRÉS PÉREZ MUÑOZ

Cuenca - Ecuador

2026

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Eduardo Paúl Arce Maldonado con documento de identificación N° 0150517241 y Andrés Paúl Chabla Muñoz con documento de identificación N° 0106121221; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 30 de enero del 2026

Atentamente,



Eduardo Paúl Arce Maldonado
0150517241



Andrés Paúl Chabla Muñoz
0106121221

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Eduardo Paúl Arce Maldonado con documento de identificación N° 0150517241 y Andrés Paúl Chabla Muñoz con documento de identificación N° 0106121221, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Desarrollo de un sistema educativo basado en dinámicas gamificadas para la enseñanza de la cultura Cañari con generación automática de narrativas usando un modelo multimodal”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Ciencias de la Computación, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 30 de enero del 2026

Atentamente,



Eduardo Paúl Arce Maldonado
0150517241



Andrés Paúl Chabla Muñoz
0106121221

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ángel Andrés Pérez Muñoz con documento de identificación N° 0105913891, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE UN SISTEMA EDUCATIVO BASADO EN DINÁMICAS GAMIFICADAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA CULTURA CAÑARI CON GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE NARRATIVAS USANDO UN MODELO MULTIMODAL**, realizado por Eduardo Paúl Arce Maldonado con documento de identificación N° 0150517241 y por Andrés Paúl Chabla Muñoz con documento de identificación N° 0106121221, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 30 de enero del 2026

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
ANGEL ANDRES PEREZ MUNOZ
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Ángel Andrés Pérez Muñoz
0105913891

DEDICATORIA

■ Andrés Paúl Chabla Muñoz

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por ser mi compañero y por salvarme de tantas batallas que, a lo largo de mi vida, sentía perdidas.

Quiero dedicar este trabajo a mis padres y hermanas: Leonor Muñoz, por ser mi luz y mi protectora, me enseñaste a ser una persona tranquila y dedicada. Cada enojo tuyo desde que era pequeño me ha servido para ser responsable en mis tareas. Gracias por siempre esperarme con los brazos abiertos cuando llegaba cansado del trabajo o de la universidad y siempre tenerme un café caliente para conversar sobre mi día. Gracias por cuidarme desde pequeño y hasta ahora. Te amo, mami.

Edgar Chabla, gracias por siempre darme los estudios y forjar mi carácter para ser alguien que ama su trabajo, gracias por ser mi motivación, por la cual escogí esta carrera, por las veces que me llevabas a hacer los trabajos contigo y me enseñabas muchas cosas. Nunca hizo falta un te quiero o un abrazo para saber que me amabas con toda tu vida; espero llenarte de orgullo y ser siempre el mejor porque llevo tu apellido. Cada paso que he dado sé que ha sido un logro para los dos y por eso te dedico en especial a ti este trabajo, y como dice Enrique Bunbury de Héroes de Silencio, "El héroe de leyenda pertenece al sueño de un destino", y tú eres ese héroe que me acompaña a hacer mis sueños realidad. Te amo, papi.

A mi hermana mayor, Tania, por ser mi principal compañía, por las enseñanzas y el ejemplo a seguir que siempre ha sido; gracias por tenerme mucha paciencia y enseñarme a ser perseverante en mis cosas, por ser la primera que me motivaba y confiaba en mí sin importar qué pasara. Siempre estás a mi lado; soy tan afortunado de llamarte hermana porque eres todo un mundo para mí.

A mi hermanita Valentina, te dedico este trabajo en símbolo de perseverancia y dedicación; siempre me tendrás para apoyarte a cumplir tus sueños. Eres una niña muy inteligente y vivaz; gracias por tu amor incondicional.

Quiero agradecer a Andrés García (Wachito), por ser la primer persona en creer en mí, ser un mentor y guía en mi crecimiento profesional; por abrirme las puertas de su empresa la cual ha sido un pilar fundamental para mis conocimientos. Y, a mi sobrino Tommy por ser la chispa de felicidad en mis momentos de angustia, y, con su amor e inocencia me ha acompañado a culminar este camino.

Para terminar, quiero dedicar este trabajo y este título a mis abuelitos Papito Julio y Mamita Teresa, que ya no están conmigo físicamente, pero los llevo en mi corazón. Estoy muy agradecido por criarme bajo su manto y aprender a ser humilde como ellos. Espero que en cualquier lugar del cielo que se encuentren se sientan orgullosos de mí y que todos sus consejos me han servido para crecer como persona. Sé que siempre estarán conmigo porque las estrellas en el cielo son eternas. Muchas Gracias.

- Eduardo Paúl Arce Maldonado

Agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, la salud y la constancia necesarias para culminar esta importante etapa de mi vida académica.

De manera especial, expreso mi más sincero agradecimiento a mi familia, en particular a mis padres, Efraín y Beatriz, por su apoyo incondicional, sus enseñanzas y el ejemplo que han sido a lo largo de todo este camino. Asimismo, agradezco profundamente a mi abuelita Teresa, quien siempre ha sabido escucharme y brindarme su apoyo en los momentos difíciles.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, aunque no las mencione de manera directa, me ofrecieron palabras de aliento y motivación cuando más las necesité. A todos ustedes, muchas gracias.

RESUMEN

La presente investigación aborda la problemática de la pérdida progresiva de interés y conocimiento sobre el patrimonio cultural Cañari en las nuevas generaciones del Ecuador. Ante métodos de difusión tradicionales que resultan estáticos y poco atractivos para un público habituado a entornos digitales, se propuso el desarrollo de un ecosistema digital innovador que integra dinámicas de gamificación con inteligencia artificial de vanguardia. El núcleo técnico del sistema consiste en la implementación de un modelo de lenguaje de gran escala y visión (Large Language-and-Vision Assistant, LLaVA-1.5-7B), el cual fue sometido a un proceso de ajuste fino (*fine-tuning*) de 1000 pasos para garantizar una interpretación precisa y académicamente rigurosa del legado arqueológico Cañari.

La arquitectura del sistema se fundamenta en un modelo híbrido basado en servicios (SOA), donde un backend desarrollado en Kotlin gestiona la lógica de negocio y las mecánicas de juego, mientras que un servidor en Flask procesa las inferencias del modelo multimodal en la nube. El usuario interactúa mediante una aplicación web que permite la exploración de puntos de interés, como el complejo de Ingapirca, donde la IA identifica elementos culturales en tiempo real y genera narrativas educativas instantáneas.

Para validar la efectividad de la propuesta, se realizaron pruebas con usuarios finales bajo los marcos de evaluación SUS (*System Usability Scale*) y TAM (*Technology Acceptance Model*). Los resultados reflejaron una puntuación SUS media de 77.32, situando al sistema en un nivel de excelencia de usabilidad. Por otro lado, el modelo TAM reveló una Utilidad Percibida de 4.46/5.00 y una Facilidad de Uso de 4.50/5.00. Estos datos confirman que la integración de IA multimodal y gamificación no solo es técnicamente viable y escalable, sino que constituye una herramienta pedagógica superior a los métodos tradicionales, logrando conectar de manera significativa el conocimiento ancestral con el ciudadano digital contemporáneo.

Palabras clave: Cultura Cañari, Inteligencia Artificial, LLaVA-1.5-7B, Gamificación, Usabilidad, Modelo TAM, Patrimonio Cultural.

ABSTRACT

This research addresses the progressive loss of interest and knowledge regarding the Cañari cultural heritage among Ecuador's younger generations. Faced with traditional dissemination methods that are static and unappealing to a digitally-native audience, the development of an innovative digital ecosystem was proposed, integrating gamification dynamics with cutting-edge artificial intelligence. The technical core of the system consists of implementing a Large Language-and-Vision Assistant (LLaVA-1.5-7B) model, which underwent a 1,000-step fine-tuning process to ensure an accurate and academically rigorous interpretation of the Cañari archaeological legacy.

The system's architecture is built on a service-oriented hybrid model (SOA), where a Kotlin-based backend manages the business logic and game mechanics, while a Flask server processes the multimodal model's inferences in the cloud. Users interact via a web application that allows for the exploration of points of interest, such as the Ingapirca complex, where the AI identifies cultural elements in real-time and generates instantaneous educational narratives.

To validate the proposal's effectiveness, tests were conducted with end-users under the SUS (*System Usability Scale*) and TAM (*Technology Acceptance Model*) frameworks. The results reflected a mean SUS score of 77.32, placing the system at an excellent level of usability. Furthermore, the TAM revealed a Perceived Usefulness of 4.46/5.00 and a Perceived Ease of Use of 4.50/5.00. These data confirm that the integration of multimodal AI and gamification is not only technically viable and scalable but also constitutes a pedagogical tool superior to traditional methods, successfully bridging the gap between ancestral knowledge and the contemporary digital citizen.

Keywords: Cañari Culture, Artificial Intelligence, LLaVA-1.5-7B, Gamification, Usability, TAM Model, Cultural Heritage.

Índice general

1	Introducción	11
2	Problema	12
2.1	Problema de estudio	12
2.2	Trabajos Relacionados	13
2.2.1	El Arte del Gran Viaje (2017) - Universidad de Cuenca, Ecuador	13
2.2.2	Plataforma Educativa Interactiva Cañari (2019) - Villegas-Ch et al.	14
2.2.3	Sabiduría Ancestral Indígena (SAI) - Colombia Games.....	14
2.2.4	Estado del arte en el desarrollo de aplicaciones educativas basadas en dinámicas gamificadas y la inteligencia artificial multimodal en entornos educativos.....	14
3	Objetivos Generales y Específicos	16
3.1	Objetivo General.....	16
3.2	Objetivos Específicos.....	16
4	Marco Teórico	17
4.1	GAMIFICACIÓN Y APRENDIZAJE BASADO EN JUEGOS	17
4.1.1	Fundamentos de la Gamificación en Educación.....	17
4.1.2	Juegos Cognitivos para Aprendizaje Cultural.....	18
4.2	PUEBLO CAÑARI Y SU CULTURA	19
4.2.1	Ubicación y Contexto Histórico	19
4.2.2	Lenguaje y Comunicación.....	19
4.2.3	Manifestaciones Culturales Principales.....	19
4.3	HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS.....	20
4.3.1	Arquitectura Orientada a Servicios (SOA).....	20
4.3.2	Frameworks de Desarrollo Web	20
4.3.3	Bases de Datos Relacionales.....	21
4.3.4	Web Scraping	21
4.3.5	Diseño de Experiencia de Usuario (UI/UX).....	21

4.3.6	Fundamentación Teórica de la Infraestructura Cloud y Cómputo Acelerado.....	22
5	Marco Metodológico	23
5.1	Fase de Obtención y Enriquecimiento de Datos	23
5.2	Experimentación y Selección del Modelo (De BLIP-2 a LLaVA)	23
5.3	Entrenamiento y Configuración del Modelo en la Nube	23
5.4	Despliegue y Comunicación vía Flask.....	24
5.5	Fase de Desarrollo del Backend - Sistema de Gamificación y Lógica de Negocio.....	24
5.6	Fase de Desarrollo del Frontend - Interfaz de Usuario y Experiencia Gamificada	26
5.7	Sistema de Gamificación Implementado.....	28
5.7.1	Fundamentos de la Gamificación	28
5.7.2	Elementos de Gamificación Implementados.....	28
5.7.3	Juegos Implementados.....	29
5.7.4	Justificación de la Selección de Juegos	29
5.7.5	Infraestructura de Despliegue y Orquestación de Servicios	30
5.7.6	Flujo de Comunicación entre Plataformas	30
5.8	Metodología de desarrollo	31
5.9	Técnicas e instrumentos	31
6	Resultados	32
6.1	Metodología de Validación.....	32
6.1.1	Población y Muestra	32
6.2	Ejecución de las Pruebas y Fase de Validación.....	32
6.2.1	Incidencias Técnicas y Ajustes de Servidor	33
6.2.2	System Usability Scale (SUS) y Technology Acceptance Model (TAM)	33
6.3	Análisis de Usabilidad (SUS).....	35
6.3.1	Puntuación Global de Usabilidad (SUS Score).....	36
6.4	Instrumento de Evaluación de Aceptación Tecnológica (TAM).....	38
6.5	Análisis de Resultados: Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)	41
6.5.1	Resumen de Resultados Globales.....	41
6.5.2	Análisis Detallado por Dimensión	41
6.5.3	Discusión y Conclusiones del Modelo.....	42
7	Cronograma	43
8	Presupuesto	45
8.1	Presupuesto del Proyecto	45
9	Conclusiones y Recomendaciones	46

9.1 Conclusiones	46
9.2 Recomendaciones.....	46
10 Uso de la IA Generativa (GenAI)	48
11 Anexos	54
11.1 Diagramas	54
11.2 Codigos Fuentes	56
11.3 Evidencia visual	57
11.4 Evidencia de Encuestas.....	58

Capítulo 1

Introducción

En la era de la transformación digital, la preservación y difusión del patrimonio cultural ha encontrado en la inteligencia artificial (IA) un aliado estratégico para trascender los métodos de enseñanza tradicionales. La cultura Cañari, uno de los pilares fundamentales de la identidad histórica del Ecuador, posee un vasto legado arqueológico y simbólico que a menudo resulta complejo de transmitir a las nuevas generaciones mediante textos estáticos o exhibiciones convencionales. Esta brecha cognitiva plantea el desafío de implementar herramientas tecnológicas que no solo almacenen información, sino que sean capaces de interpretarla y comunicarla de forma interactiva y significativa.

El presente trabajo de investigación aborda esta problemática mediante el desarrollo de una aplicación web educativa que combina la potencia de la inteligencia artificial visual con dinámicas de juego (gamificación). La propuesta se basa en un sistema capaz de reconocer piezas arqueológicas a través de fotografías y generar narrativas culturales automáticas, permitiendo que el aprendizaje sea más profundo y atractivo. Para lograr esto, se diseñó una estructura digital flexible que permite que la lógica del juego y el motor de inteligencia artificial trabajen en conjunto de manera eficiente.

A través de esta solución, se busca transformar la percepción del patrimonio Cañari, permitiendo que el usuario interactúe con el entorno mediante el reconocimiento visual y reciba narrativas culturales profundas generadas por IA. De este modo, el proyecto no solo se presenta como una herramienta técnica avanzada, sino como un puente educativo que fomenta el sentido de pertenencia y el aprendizaje lúdico, garantizando que el conocimiento ancestral perdure en el contexto de la sociedad del conocimiento actual.

Capítulo 2

Problema

2.1. Problema de estudio

En los últimos años con los avances tecnológicos y con el impacto que ha tenido en comunidades rurales se ha identificado la pérdida de la cultura natal de sus habitantes.

Por medio de las actuales redes sociales que están al alcance de todo el mundo, en la comunidad Cañari se ha notado el impacto en el cambio de su ideología cultural como en su vestimenta “Los jóvenes están influenciados por la cultura occidental y poco a poco dejan de usar su vestimenta” [4], música, lenguaje, entre otros.

“La educación sale de la casa”, y una de las principales causas de la pérdida cultural es precisamente la falta de enseñanza en los hogares cañaris. Los padres, al carecer de aprecio por su propia cultura, prefieren ocultar el conocimiento a sus hijos. En niños y adolescentes, el lenguaje kichwa se ha dejado de practicar por vergüenza, desinterés y miedo a equivocarse al hablar. Pichazaca Pichizaca (2017) señala que “con el pasar del tiempo, la dominación española, el mestizaje, y la globalización ha generado que poco a poco, se vaya perdiendo la cultura”.

El problema no nace desde los últimos años, entre los años 1975 a 1980 el lenguaje Kichwa era llamado “Yangashimi” que quiere decir “Idioma sin valor” o “Lengua sonsa”, y no solo en la lengua, si no en varios elementos culturales eran llamados “Yanga” que significa “Algo no valido”[2]. Las actuales personas entre 50 y 45 años tuvieron que vivir esta discriminación, “La concepción de la cultura desde lo occidental radica en el problema de la valoración y el trato del otro”. Entonces, una razón fue el sentirse “pequeños” ante culturas coloniales y a sus descendientes les hicieron perder esas costumbres, como es el caso de las danzas, hace 5 años que fue la pandemia del “Covid-19” se dejaron de realizar fiestas u homenajes de la cultura, la cual son tiempos de pérdida del conocimiento para nuevas generaciones, por eso en 2023 en el evento “El Tayta Carnaval Edición 2023”, “La fiesta del florecimiento”, la vicerrectora de la Universidad Católica de Cuenca extensión Cañar, Vanessa Bermeo destacó que “Tras dos años de ausencia presencial por la pandemia, se retomó la organización del programa que rescata la cultura y tradiciones de nuestra sociedad que no olvida sus raíces, sino que al contrario se traspasa a las nuevas generaciones.” [1], nos da a entender que organizaciones, unidades educativas, grupos folklóricos, entre otros, realizan eventos que están

enfocados más en la juventud para poder rescatar la identidad cultural.

2.2. Trabajos Relacionados

En el año 2017 se realizó el lanzamiento del juego “El arte del gran viaje” (Universidad de Cuenca). En la cual el desarrollo de este videojuego es de tipo supervivencia, con el personaje recorreremos varios lugares que esta enriquecido con temas de la cultura Cañari. Este videojuego a las nuevas generaciones les puede refrescar la memoria de ancestrales que han visto y lo asocian con el juego.

Otro juego, “Ahorra para cuidar la fauna”, (Diners Club, 2020) está más orientado para niños en donde con personajes animados debemos realizar una serie de juegos dinámicos con temas del cuidado de la fauna, los personajes y ciertas narrativas con en lenguaje Kichwa.

En 2019, el proyecto “An interactive educational platform based on data mining and serious games to contribute to preservation and learning of the Cañari indigenous cultural heritage in Ecuador” desarrolló una plataforma educativa que combina juegos serios y minería de datos para preservar el patrimonio cultural Cañari. La plataforma permite a niños bilingües (español-kichwa) acceder a juegos educativos y contenido multimedia cultural, mientras un módulo de análisis sugiere áreas de refuerzo según la actividad del usuario. El proyecto fue validado con 30 niños, obteniendo resultados positivos en el aprendizaje cultural [3].

2.2.1. El Arte del Gran Viaje (2017) - Universidad de Cuenca, Ecuador

Desarrollado por la Facultad de Artes de la Universidad de Cuenca con apoyo del Ministerio de Cultura y Patrimonio de Ecuador, “El Gran Viaje” representa uno de los primeros esfuerzos ecuatorianos por integrar el patrimonio cultural Cañari en un videojuego educativo. Presentado oficialmente el 22 de mayo de 2017, el videojuego adopta un género de supervivencia y aventura, centrándose en Nina Samay (“alma de fuego” en kichwa), un joven Cañari de 15 años que emprende un viaje cultural e histórico.

Los elementos gamificados incluyen sistema de progresión geográfica vinculado al recorrido territorial, mecánicas de supervivencia cultural que requieren aplicar conocimientos sobre prácticas Cañari, narrativa inmersiva como hilo conductor del contenido educativo, y representación visual basada en investigación arqueológica y antropológica.

2.2.2. Plataforma Educativa Interactiva Cañari (2019) - Villegas-Ch et al.

El proyecto de Villegas-Ch et al. (2019) representa un enfoque tecnológicamente sofisticado para la preservación cultural digital, integrando tres componentes: módulo de juegos serios para niños bilingües (español-kichwa), repositorio multimedia con contenido cultural organizado, y sistema de minería de datos que analiza la actividad de usuarios para identificar áreas que requieren refuerzo.

El proyecto realizó validación empírica con 30 niños bilingües, obteniendo resultados positivos en el aprendizaje cultural. Aporta metodología replicable con diseño participativo comunitario, enfoque bilingüe que respeta el idioma ancestral, métricas de aprendizaje basadas en datos y arquitectura modular para actualización independiente de componentes.

2.2.3. Sabiduría Ancestral Indígena (SAI) - Colombia Games

El proyecto SAI, liderado por Grupo Sura y desarrollado por Colombia Games, adopta un enfoque multicultural incluyendo cuatro culturas indígenas colombianas: Wayuu, Kogui, Emberá y Kuna. Desarrolló cuatro aplicaciones multiplataforma con diferentes mecánicas: actividades infantiles, cuentos mágicos interactivos y búsqueda de objetos culturalmente significativos.

Un elemento distintivo es su integración planificada con el sistema educativo colombiano mediante cartillas explicativas y capacitación docente. El desarrollo involucró 18 meses con equipos multidisciplinarios garantizando autenticidad cultural. La disponibilidad multiplataforma (iOS, Android, Windows) amplifica significativamente el alcance comparado con proyectos de una sola plataforma.

2.2.4. Estado del arte en el desarrollo de aplicaciones educativas basadas en dinámicas gamificadas y la inteligencia artificial multimodal en entornos educativos

La inteligencia artificial (IA) y la gamificación en la educación ha mostrado un potencial significativo para mejorar la motivación, el compromiso y los resultados de aprendizaje de los estudiantes. Explicaremos el estado actual de estas tecnologías para el desarrollo de nuestra aplicación educativa.

Modelos de Lenguaje Multimodal (MLLMs)

Los MLLMs, como GPT-4 Vision, pueden procesar datos multimodales (texto, sonido, imágenes), ofreciendo experiencias de aprendizaje personalizadas y enriquecidas.

Estos modelos facilitan la creación de contenido, el apoyo adaptativo y la retroalimentación en tiempo real, aumentando la efectividad del aprendizaje [5].

El marco GEAI propone un entorno de aprendizaje apoyado por IA que combina datos de video, audio y comportamiento para proporcionar retroalimentación adaptativa, mientras asegura la gobernanza ética de los datos[6]. Otro estudio destaca el uso de sensores ópticos IoT para predecir el compromiso de los estudiantes en entornos de aprendizaje de idiomas[7].

Gamificación con Inteligencia Artificial

La gamificación utiliza elementos de diseño de juegos como puntos, tablas de clasificación y recompensas para aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes. Estos elementos han demostrado ser efectivos en diversos contextos educativos, incluyendo la educación STEM y la enseñanza de idiomas[8][9].

Aplicaciones como PhyGame y FIUMLand han mostrado mejoras significativas en la motivación y el compromiso de los estudiantes mediante la integración de elementos gamificados en la enseñanza de física y diseño de bases de datos, respectivamente[10][11].

Sistemas Adaptativos

La combinación de IA y gamificación permite la creación de sistemas adaptativos que personalizan la experiencia de aprendizaje según el comportamiento y las preferencias del usuario. Estos sistemas utilizan técnicas de aprendizaje automático y procesamiento de lenguaje natural para ajustar el contenido y proporcionar retroalimentación personalizada[12][13].

La integración de IA y gamificación enfrenta desafíos como la privacidad de los datos, el sesgo algorítmico y la escalabilidad. Es crucial desarrollar marcos éticos y transparentes para asegurar una implementación responsable[14][15].

Aplicaciones en Educación

La integración de IA y gamificación en la educación matemática ha mostrado mejoras en la resolución de problemas y la motivación de los estudiantes. Un estudio en Indonesia reveló que los entornos de aprendizaje matemático apoyados por IA y gamificación mejoran significativamente las habilidades de resolución de problemas y la motivación [16].

Las aplicaciones de IA en la educación también incluyen sistemas de evaluación y retroalimentación automatizados que ayudan a los educadores a identificar las fortalezas y debilidades de los estudiantes y ajustar las estrategias de enseñanza en consecuencia [17][18].

Capítulo 3

Objetivos Generales y Específicos

3.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema educativo basado en dinámicas gamificadas para la enseñanza de la cultura Cañari con generación automática de narrativas usando un modelo multimodal.

3.2. Objetivos Específicos

- OE1.** Investigar el estado del arte en el desarrollo de aplicaciones educativas basadas en dinámicas gamificadas y la inteligencia artificial multimodal en entornos educativos.
- OE2.** Desarrollar un proceso de aprendizaje por transferencia de conocimiento para un modelo multimodal a partir de la construcción un dataset orientado a la generación de narrativas de conceptos de la cultura Cañari.
- OE3.** Diseñar y desarrollar un sistema gamificado que incorpore mecánicas de juego, reglas y dinámicas adaptadas al contexto cultural Cañari en base a un modelo entrenado.
- OE4.** Diseñar y ejecutar un plan de experimentación para determinar la usabilidad y utilidad del sistema desarrollado empleando consenso de expertos.

Capítulo 4

Marco Teórico

4.1. GAMIFICACIÓN Y APRENDIZAJE BASADO EN JUEGOS

4.1.1. Fundamentos de la Gamificación en Educación

Según Gaviria (2021), que escribe la “Pedagogía de la gamificación”, señala que son los “...juegos actividades que incluyen metas, estrategias, reglas, competencia y debe reconocerse al jugador como un agente compositivo: la estimulación sensorial producto de participar en una actividad lúdica genera efectos que retroalimentan la dinámica a los participantes”. Con la gamificación una persona prefiere estar entretenida en un juego con desafíos, en vez de escuchar por horas a su profesor donde el tema que da es muy redundante que puede hasta llegar a cansar. Con un videojuego educativo la persona no solo lee o escucha, también se dispone a pensar como poder avanzar en el juego, pone en práctica cosas lógicas o cosas que ya aprendió en su infancia, así también se busca influir en la búsqueda, si una simbología no sabe que es o como se llama, la persona va a recurrir a un navegador a investigar para poder avanzar al siguiente nivel.

“La gamificación se refiere al uso de elementos tecnológicos desarrollado en un juego, pensado en llamar la atención de los estudiantes para motivarlos con la acción y promover el aprendizaje mientras se resuelven problemas, con la ayuda de la gamificación se piensa en mejores ideas para poder implementarlas en el juego”. Busch (2014) encontró que “los estudiantes que participaron en actividades gamificadas revisaron los temas con mayor frecuencia y recordaron el material de manera más efectiva debido a la naturaleza interactiva de las lecciones”. Esta investigación demuestra que la gamificación no solo hace el aprendizaje más atractivo, sino que también mejora la retención de conocimientos y la frecuencia con la que los estudiantes revisan los contenidos educativos.

Elementos de la Gamificación

“La gamificación se centra en cuatro elementos clave: un desafío que establece lo que una persona debe lograr para ganar; obstáculos o impedimentos que deben superarse

para lograr el objetivo; incentivos o recompensas que reciben los usuarios cuando superan obstáculos y objetivos; y reglas del juego que definen la interacción de los usuarios con el sistema”. “Los elementos más comunes de la gamificación son puntos, insignias, logros y niveles, conocidos como la Triada PBL” (Points, Badges and Leaderboards).

Los componentes específicos que se pueden implementar en un sistema gamificado incluyen: puntos como una representación del progreso del juego; niveles que son pasos o estadios que se establecen en la progresión de un jugador; insignias como representación visual de logros alcanzados; tableros de clasificación que muestran la progresión o ranking de los participantes; misiones o desafíos predefinidos que el usuario debe completar; recompensas tangibles o virtuales que recibe el usuario según su rendimiento en el juego, se le realiza recompensas de cualquier tipo, sea medallas, contenido exclusivo, mejoramiento en su personas, habilidades, entre otras. La implementación efectiva de estos elementos crea un ambiente de aprendizaje más interactivo y estimulante que aumenta la motivación estudiantil y mejora la retención de conocimientos.

4.1.2. Juegos Cognitivos para Aprendizaje Cultural

En los juegos cognitivos como, por ejemplo: rompecabezas, juegos de memoria, laberintos, adivinanzas, entre otras, lo que se busca es que la persona pueda hacer más un uso mental que físico. Al tratarse de un sistema web con juegos cognitivos el usuario tendrá que usar su memoria para relacionar sus raíces con los desafíos presentados. Los juegos cognitivos estimulan el uso de la memoria para que el usuario, recuerde, memorice, analice y pueda resolver los problemas que se le presentan para la recuperación y fortalecimiento de la identidad cultural. Para el proyecto de revitalización cultural Cañari, la estrategia pedagógica del juego se centra en la recuperación de conocimientos previos adquiridos por los usuarios en contextos formales (escuela) e informales (familia y comunidad). Como mecanismo de refuerzo lingüístico, se incorporarán preguntas formuladas en lengua kichwa. El diseño considera que la memoria funciona más eficazmente cuando se asocia con elementos culturalmente significativos; por tanto, se integrarán imágenes tradicionales, narrativas ancestrales, música autóctona y espacios geográficos representativos de la cultura Cañari. La gamificación se implementará mediante preguntas interactivas, contenido visual contextualizado, niveles de dificultad escalonados y desafíos culturales, elementos que en conjunto buscan mantener la motivación del usuario mientras fortalecen su identidad cultural.

4.2. PUEBLO CAÑARI Y SU CULTURA

4.2.1. Ubicación y Contexto Histórico

El pueblo Cañari (Kañari en kichwa) es una nacionalidad indígena del Ecuador asentada en las provincias de Azuay y Cañar, con aproximadamente 150,000 habitantes. Etimológicamente, Kañari proviene de “Kan” (culebra) y “Ara” (guacamaya), animales sagrados en su cosmovisión. El Complejo Arqueológico de Ingapirca constituye el sitio mejor conservado del Ecuador, evidenciando la grandeza cultural mediante templos ceremoniales y estructuras que demuestran procesos históricos de conquista, resistencia y mestizaje.

4.2.2. Lenguaje y Comunicación

El idioma actual del pueblo cañari es el kichwa, aunque contiene influencias del antiguo “cañari shimi” (idioma cañari), lengua indígena actualmente extinta. La preservación del kichwa es fundamental para la identidad cultural cañari, ya que en la lengua se encuentran codificados conocimientos ancestrales, formas de entender el mundo y conceptos sin equivalente directo en español.

4.2.3. Manifestaciones Culturales Principales

El pueblo Cañari posee una gran riqueza patrimonial cultural expresada a través de diversas manifestaciones. La música tradicional se caracteriza por instrumentos ancestrales como la caja o tambor, el pingullo, el huajairo y la dulzaina. Las danzas están vinculadas con ciclos agrícolas y ritualidades ancestrales, destacando la “Mama Danza Cañari”. Las principales celebraciones incluyen el Inti Raymi (junio), el Taita Carnaval (febrero), el Killa Raymi (septiembre) y el Kapak Inca Raymi (diciembre).

La vestimenta tradicional destaca por tejidos en lana elaborados en telares manuales ancestrales. La cosmovisión integra elementos ancestrales con influencias del catolicismo producto del sincretismo religioso. La organización social conserva prácticas de ayuda y solidaridad como el “cambia manos” y la “minka”.

Existe preocupación por la pérdida de manifestaciones culturales entre las nuevas generaciones debido a migración urbana, influencia de medios de comunicación, educación occidentalizada y debilitamiento de la transmisión intergeneracional. La música ancestral ha sido sustituida por géneros occidentales, las danzas se practican principalmente en contextos ceremoniales, y el uso del kichwa disminuye entre los jóvenes. Este contexto evidencia la urgente necesidad de implementar estrategias innovadoras que permitan a las nuevas generaciones reconectar con su identidad cultural mediante

formas atractivas y significativas, donde la tecnología y la gamificación pueden desempeñar un papel fundamental.

4.3. HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS

4.3.1. Arquitectura Orientada a Servicios (SOA)

La Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) integra componentes de software independientes que se comunican entre sí mediante protocolos estándar como SOAP o REST. Cada servicio es autónomo, reutilizable y puede actualizarse sin afectar el sistema completo, lo que facilita mantenimiento, escalabilidad y flexibilidad.

A diferencia de los microservicios, que se enfocan en implementaciones distribuidas por equipos DevOps y usan APIs sin estado, SOA es un enfoque empresarial más centralizado. La tabla 4.1 muestra las principales diferencias entre ambos enfoques.

Cuadro 4.1: Comparación entre SOA y Microservicios

Aspecto	SOA	Microservicios
Enfoque de arquitectura	Es un enfoque de arquitectura para toda la empresa.	Se centran en la implementación de aplicación por los DevOps.
Comunicación	Utiliza un ESB (Enterprise Service Bus).	Se pueden comunicar entre sí a través de API's.
Compartición de componentes	Aprovecha al máximo la compartición de componentes, aunque esto puede impactar en la latencia del entorno.	Minimiza el uso compartido de componentes a través de la red.
Granularidad del servicio	Los servicios son más versátiles en cuanto a su funcionalidad empresarial.	Se componen de servicios muy especializados y con un propósito único.

4.3.2. Frameworks de Desarrollo Web

Angular. Google fue el creador de este framework de código abierto para la creación de aplicaciones web de una sola página (SPA). A diferencia de React que se enfoca en la vista, Angular nos ayuda a manejar de mejor forma nuestra gestión de datos, enrutamiento, integración con API's y más. Angular es un framework completo de Google para crear aplicaciones web SPA estructuradas en componentes y módulos bajo el patrón MVC. Utiliza TypeScript como lenguaje de programación, este lenguaje facilita la depuración de errores al escribir el código o realizar tareas de mantenimiento, y la compilación de TypeScript a JavaScript compatible con todos los navegadores que realiza automáticamente mediante las herramientas del Angular CLI.

TypeScript. Es un superconjunto tipado de JavaScript desarrollado por Microsoft que añade tipado a comparación de JS (JavaScript). Esta característica reduce errores en tiempo de desarrollo y mejora la mantenibilidad del código, ya que se reciben ayudas del editor en la etapa de desarrollo junto con una detección anticipada de errores.

Flask. Flask es un microframework de Python caracterizado por su simplicidad y flexibilidad para desarrollar aplicaciones web. Es minimalista y proporciona las herramientas esenciales para desarrollar aplicaciones web y APIs, permitiendo elegir las extensiones que necesitan según los requerimientos específicos del proyecto. Su ligereza lo hace ideal para microservicios y APIs REST.

Kotlin. Kotlin es un lenguaje de programación moderno, de código abierto y de tipado estático desarrollado por JetBrains. Kotlin ofrece una sintaxis más expresiva que Java y con un mejor tipado al margen, reduciendo significativamente el código boilerplate (código reutilizable) y mejorando la legibilidad del código. Entre sus características destacan la seguridad de tipos nulos (null safety), funciones de extensión, soporte nativo para programación funcional, y coroutines para manejo eficiente de operaciones asíncronas.

4.3.3. Bases de Datos Relacionales

Las bases de datos relacionales organizan la información en tablas interrelacionadas mediante claves primarias y foráneas, permitiendo estructurar datos de manera eficiente y establecer relaciones entre diferentes entidades. En el modelo relacional, las tablas comparten columnas que almacenan la misma información, esto nos ayuda a crear relaciones entre ellas, “... donde cada tabla almacena entidades del mismo tipo y entre entidades de distinto tipo se establecen relaciones”.

4.3.4. Web Scraping

El web scraping (raspado web), es una técnica que se automatiza para la extracción de información de sitios web mediante programación. A diferencia de la navegación manual donde un usuario visita páginas y copia información, el web scraping utiliza programas (scripts) que acceden automáticamente a múltiples páginas web, leen su contenido HTML, identifican los datos relevantes y los extraen de manera estructurada para almacenarlos en formatos útiles como bases de datos, archivos CSV o JSON.

4.3.5. Diseño de Experiencia de Usuario (UI/UX)

El diseño de experiencia de usuario (UX) se centra en crear productos digitales que proporcionen experiencias significativas, útiles y satisfactorias a los usuarios. La experiencia de usuario se enfoca en tener todas las implementaciones correctas para que al

usuario se le facilite el uso, comprensión, navegación y satisfacción emocional. El diseño de interfaz de usuario (UI), por su parte, se refiere específicamente a los elementos visuales con los que el usuario interactúa: botones, menús, iconos, colores, tipografía y disposición de elementos en pantalla. Mientras que UX define cómo funciona la experiencia en su totalidad, UI determina cómo se ve y se siente esa experiencia.

4.3.6. Fundamentación Teórica de la Infraestructura Cloud y Cómputo Acelerado

La evolución de la computación en la nube ha permitido la transición hacia modelos de Plataforma como Servicio (PaaS), los cuales abstraen la gestión de la infraestructura subyacente para permitir que el desarrollador se enfoque exclusivamente en el despliegue de aplicaciones. Esta tecnología se basa fundamentalmente en la virtualización a nivel de sistema operativo o contenedores, garantizando que el software se ejecute de manera confiable al pasar de un entorno de computación a otro [22].

Por otro lado, la arquitectura de microservicios promueve el desacoplamiento de componentes, permitiendo que cada servicio utilice los recursos de hardware que mejor se adapten a sus necesidades específicas de carga [21]. En el contexto de este proyecto, la integración de Inteligencia Artificial y dinámicas de juego ha demostrado ser un enfoque holístico eficaz para mejorar el compromiso y la participación de los estudiantes en entornos educativos modernos [18].

Debido a la naturaleza masivamente paralela de las operaciones requeridas por los modelos de lenguaje y visión (VLM), el uso de unidades de procesamiento gráfico (GPU) resulta esencial. Como señalan hennessy2017, el paralelismo a nivel de datos ofrecido por las GPUs es fundamental para tareas de aprendizaje profundo que resultan inviables para las arquitecturas tradicionales de CPU. Finalmente, la comunicación entre estas infraestructuras heterogéneas se garantiza mediante el estilo arquitectónico REST, el cual asegura la interoperabilidad y escalabilidad del ecosistema digital [19].

Capítulo 5

Marco Metodológico

5.1. Fase de Obtención y Enriquecimiento de Datos

El proceso comenzó con la extracción de datos desde portales web especializados. Para esta tarea, se desarrolló un script en un entorno local utilizando la herramienta ScraperAPI, lo que permitió automatizar la descarga de imágenes y descripciones evitando bloqueos por parte de los servidores.

Debido a que las descripciones obtenidas originalmente eran técnicas y muy breves, se implementó una fase intermedia de enriquecimiento de datos mediante la API de Gemini. Se enviaron las imágenes y los textos base a Gemini para generar descripciones más profundas, académicas y con un enfoque narrativo sobre la cultura Cañari. Una vez recolectada esta información enriquecida, se organizó en un archivo CSV y una carpeta de imágenes, los cuales se cargaron en Google Drive para centralizar el entrenamiento.

5.2. Experimentación y Selección del Modelo (De BLIP-2 a LLaVA)

En las primeras etapas de experimentación, se utilizó el modelo BLIP-2 para las pruebas de reconocimiento; sin embargo, se detectó que las descripciones resultantes eran demasiado simplistas y no lograban conectar los elementos simbólicos de las piezas. Ante esta limitación, se tomó la decisión técnica de migrar hacia el modelo LLaVA-1.5-7B. Este cambio permitió aprovechar la arquitectura multimodal más avanzada de LLaVA, logrando interpretar la información visual enriquecida previamente y transformarla en narrativas arqueológicas coherentes.

5.3. Entrenamiento y Configuración del Modelo en la Nube

Para el entrenamiento definitivo, se utilizó Google Colab, vinculando el entorno con el conjunto de datos almacenado en Drive. El proceso se ejecutó mediante la técnica de QLoRA (cuantización a 4 bits) para optimizar la memoria de la GPU NVIDIA T4. Se

definieron parámetros estratégicos: 1000 pasos de entrenamiento (steps), una tasa de aprendizaje de $1e-4$ y una configuración de LoRA con un rango (rank) de 16. Durante el proceso, se monitorizó la curva de pérdida (loss) hasta asegurar la convergencia del modelo, garantizando que la IA aprendiera el estilo narrativo académico deseado.

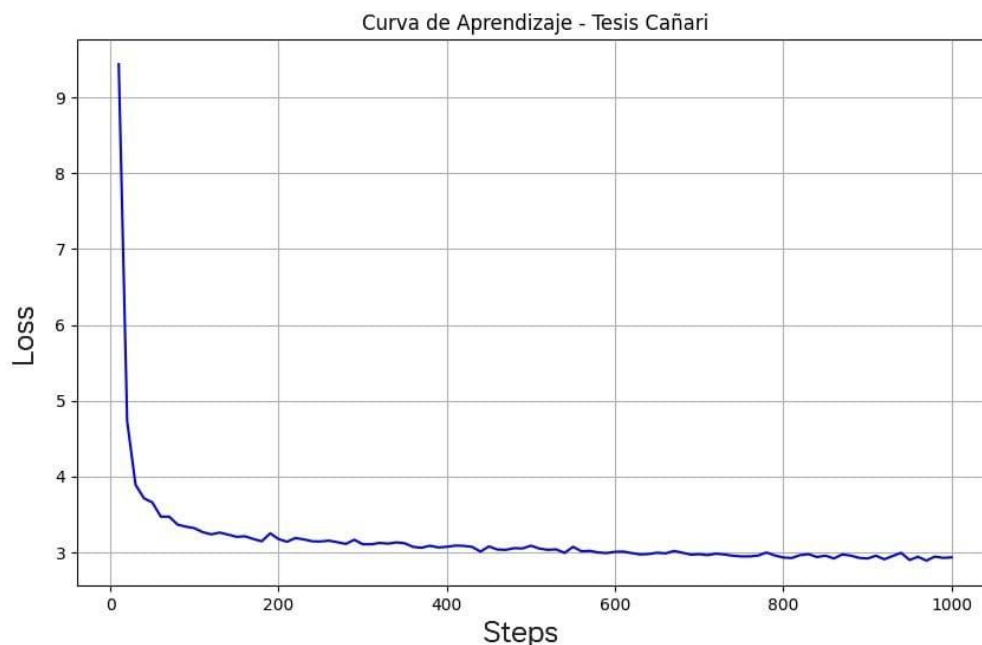


Figura 5.1: Entrenamiento Modelo

5.4. Despliegue y Comunicación vía Flask

Una vez obtenido el modelo final, se procedió a su despliegue mediante un servidor Flask alojado en el mismo entorno de Colab. Se implementó un endpoint REST que permitió la comunicación entre el backend de lógica de negocio (desarrollado en Kotlin) y el modelo de IA. Este componente en Flask se encargó de recibir las imágenes en formato Base64, realizar la inferencia con el modelo entrenado y devolver la narrativa cultural generada. El uso de Flask fue determinante para separar la carga computacional de la inteligencia artificial de las transacciones de gamificación, logrando un sistema eficiente y modular.

5.5. Fase de Desarrollo del Backend - Sistema de Gamificación y Lógica de Negocio

El backend del sistema educativo gamificado se desarrolló utilizando Kotlin como lenguaje principal y Spring Boot como framework de aplicación, siguiendo una arqui-

tectura de tres capas (controlador, servicio, repositorio) que garantiza la separación de responsabilidades y facilita el mantenimiento del código.

Arquitectura de Datos y Modelado de Entidades

Se diseñó un modelo de datos relacional que contempla las siguientes entidades principales: Usuario, Mision, ProgresoMision, PuntoInteres, DescubrimientoPunto, Fotografia, Insignia y Logro. Cada entidad fue mapeada mediante JPA (Java Persistence API) con anotaciones de Hibernate, estableciendo relaciones bidireccionales entre usuarios y sus progresos, descubrimientos fotográficos y logros desbloqueados. La base de datos PostgreSQL se configuró con restricciones de integridad referencial y cascada de eliminación para mantener la consistencia de los datos gamificados.

Sistema de Exploración de Ingapirca con Capas de Descubrimiento

Se implementó un sistema de exploración progresiva basado en tres niveles de profundidad: *Bronce*, *Plata* y *Oro*. Cada punto de interés arqueológico del sitio de Ingapirca fue clasificado según su categoría (CategoriaPunto: TEMPLO, OBSERVATORIO, ZONA_CEREMONIAL, etc.) y asociado a narrativas específicas para cada capa de descubrimiento. La lógica implementada en el servicio ExploracionService gestiona la progresión del usuario: al descubrir un punto por primera vez se desbloquea la capa Bronce (información básica), al fotografiarlo se accede a la capa Plata (narrativa enriquecida) y al cumplir condiciones adicionales (tiempo de exploración, fotografías de calidad) se habilita la capa Oro (narrativa académica completa generada por LLaVA).

Integración con el Modelo Multimodal LLaVA

Para conectar el backend de negocio con el modelo de inteligencia artificial, se desarrolló el servicio FotografiaIAService, el cual actúa como cliente REST que comunica con el servidor Flask alojado en Google Colab. Cuando un usuario captura una fotografía de un punto de interés, el sistema realiza los siguientes pasos: (1) conversión de la imagen a formato Base64, (2) envío mediante petición HTTP POST al endpoint Flask con los metadatos del punto (categoría, nombre, cultura asociada), (3) recepción de la narrativa cultural generada por el modelo LLaVA, y (4) almacenamiento de la narrativa vinculada al descubrimiento del usuario. Se implementó manejo de excepciones y reintentos automáticos para garantizar la resiliencia ante fallos de red o saturación del servicio de IA.

Sistema de Gamificación y Mecánicas de Progresión

La capa de gamificación se estructuró en torno a cuatro pilares fundamentales: *puntos de experiencia (XP)*, *misiones guiadas*, *insignias desbloqueables* y *sistema de*

rarezas. El servicio `GamificacionService` calcula dinámicamente el XP otorgado basándose en múltiples factores: rareza de la fotografía capturada (`RarezaFoto`: COMUN, POCO_COMUN, RARA, EPICA, LEGENDARIA), completitud de capas descubiertas, tiempo de exploración y precisión de las respuestas en desafíos culturales. Las misiones fueron diseñadas siguiendo una narrativa arqueológica coherente, donde cada misión desbloquea nuevos puntos de interés y presenta desafíos de conocimiento cultural validados contra la base de datos del sistema.

Servicios REST y Arquitectura de Comunicación

Se expusieron endpoints RESTful mediante controladores Spring MVC (`@RestController`) que siguen las convenciones HTTP estándar. Los principales controladores implementados fueron: `ExploracionController` (gestión de puntos de interés, descubrimientos, fotografías), `MisionController` (consulta de misiones disponibles, avance de progreso, validación de completitud), `PerfilController` (estadísticas del usuario, insignias, ranking) y `FotografiaController` (captura, análisis IA, almacenamiento). Todos los endpoints implementan autenticación JWT (JSON Web Token) y validación de permisos mediante Spring Security, asegurando que cada usuario solo pueda acceder a sus propios datos de progreso.

5.6. Fase de Desarrollo del Frontend - Interfaz de Usuario y Experiencia Gamificada

El frontend del sistema se desarrolló utilizando Angular como framework principal, complementado con PrimeNG para componentes visuales avanzados y una arquitectura modular orientada a la reutilización de código.

Arquitectura de Componentes y Organización Modular

Se estructuró el proyecto Angular siguiendo el patrón de arquitectura basada en módulos funcionales. Los principales módulos implementados fueron: `CoreModule` (servicios singleton y guards de autenticación), `SharedModule` (componentes reutilizables como tarjetas de puntos de interés, indicadores de progreso), `GameModule` (lógica de gamificación, sistema de misiones), `MapaModule` (mapa interactivo de Ingapirca) y `PerfilModule` (visualización de estadísticas y logros). Esta separación modular permitió la carga diferida (*lazy loading*) de funcionalidades, optimizando los tiempos de carga inicial de la aplicación.

Implementación del Mapa Interactivo de Exploración

El componente mapa-ingapirca se desarrolló como el núcleo de la experiencia de exploración. Se implementó una representación visual del sitio arqueológico donde cada punto de interés se renderiza como un marcador interactivo con estados visuales diferenciados según el nivel de descubrimiento del usuario (no descubierto, bronce, plata, oro). Al hacer clic sobre un punto, se despliega un panel lateral (p-sidebar de PrimeNG) que muestra la información contextual del sitio, opciones para fotografiar y el progreso de capas desbloqueadas. La navegación entre puntos se facilitó mediante un sistema de búsqueda y filtrado por categorías culturales.

Sistema de Captura y Análisis de Fotografías

Se desarrolló el componente `fotografia-ia` que integra la API de la cámara del dispositivo (MediaDevices API) para capturar imágenes de puntos de interés. El flujo implementado permite al usuario: (1) activar la cámara mediante un botón de acción, (2) capturar la fotografía con vista previa instantánea, (3) confirmar o descartar la imagen, y (4) enviar al backend para análisis mediante el modelo LLaVA. Durante el procesamiento de la IA, se muestra un indicador de progreso (p-progressSpinner) y, una vez recibida la narrativa cultural, se presenta en un diálogo modal (p-dialog) con opciones para guardar, compartir o solicitar más detalles. El componente también implementa validaciones de calidad de imagen (resolución mínima, iluminación) antes del envío.

Visualización de Misiones y Sistema de Progreso

El módulo de misiones se materializó en el componente `misiones-list` que presenta las misiones disponibles organizadas por nivel de dificultad y progresión narrativa. Cada misión se renderiza como una tarjeta expandible (p-card) que muestra: título narrativo, descripción del desafío cultural, requisitos de completitud (puntos a descubrir, fotografías necesarias), recompensas XP e insignias desbloqueables. Se implementó un sistema de seguimiento en tiempo real que actualiza visualmente el progreso mediante barras de avance (p-progressBar) sincronizadas con el estado del backend a través de llamadas reactivas (RxJS Observables).

Integración con Servicios Backend mediante HTTP Client

Todos los componentes del frontend consumen datos del backend a través de servicios Angular (@Injectable) que encapsulan las llamadas HTTP. Se implementaron los servicios `ExploracionService`, `MisionService`, `FotografiaService` y `PerfilService`, cada uno con métodos tipados que retornan Observables para manejo reactivo de datos. Se configuró un interceptor HTTP global que añade automáticamente el token

JWT a todas las peticiones, gestiona errores de red mediante reintentos exponenciales y muestra notificaciones al usuario (MessageService de PrimeNG) en caso de fallos de comunicación.

Diseño de Experiencia de Usuario y Gamificación Visual

La interfaz visual se diseñó siguiendo principios de gamificación aplicada: uso de colores diferenciados por nivel de rareza (bronce, plata, oro), animaciones de transición suaves (CSS transitions y Angular animations), feedback inmediato mediante notificaciones toast (p-toast), y elementos visuales de recompensa (explosión de partículas al desbloquear insignias, animación de subida de nivel).

Optimización y Experiencia Móvil

Dado que la aplicación está orientada a uso en campo durante visitas arqueológicas, se priorizó el diseño responsivo utilizando el sistema de grillas de PrimeNG (p-grid, p-col). Se implementaron directivas táctiles para gestos de navegación en dispositivos móviles (swipe para cambiar entre puntos de interés, pinch-to-zoom en imágenes de artefactos). Adicionalmente, se optimizó el rendimiento mediante técnicas de lazy loading de imágenes, compresión de fotografías antes de envío al backend y caché local de datos culturales frecuentemente consultados (LocalStorage).

5.7. Sistema de Gamificación Implementado

5.7.1. Fundamentos de la Gamificación

El sistema desarrollado integra elementos de gamificación para transformar el aprendizaje de la cultura y Cañari en una experiencia interactiva y motivadora. La implementación se fundamenta en tres pilares: **motivación intrínseca**, **progresión visible** y **retroalimentación inmediata**.

5.7.2. Elementos de Gamificación Implementados

Sistema de Experiencia (XP) y Niveles: Los usuarios avanzan a través de niveles conforme interactúan con el contenido cultural. Cada actividad completada otorga puntos de experiencia calculados en función de la dificultad, precisión y tiempo empleado.

Sistema de Puntuación: Cada juego cuenta con puntuación específica que considera factores como velocidad de respuesta, precisión y número de intentos, incentivando la eficiencia y el aprendizaje estratégico.

Tabla de Clasificación (Leaderboard): Sistema de ranking que permite a los usuarios comparar su desempeño en tiempo real, mostrando métricas como puntuación total, tiempo de juego y precisión.

Perfil de Usuario: Cada usuario recibe un código único (formato: NOMBRE-FECHA-ID) que permite el seguimiento individual del progreso, participación en el ranking global y persistencia de datos entre sesiones.

Dashboard de Progreso: Tablero centralizado que muestra nivel actual, puntuación total, estadísticas de partidas, tiempo de interacción, posición en ranking y acceso a todos los juegos.

5.7.3. Juegos Implementados

- **Memoria Cultural:** Juego de memoria tipo “matching pairs” donde los usuarios emparejan imágenes relacionadas con elementos culturales de la civilización Cañari.
- **Rompecabezas Cultural:** Sistema de rompecabezas con imágenes de elementos culturales que los usuarios deben ensamblar mediante arrastre de piezas.
- **Exploración Virtual de Ingapirca:** Sistema de exploración del sitio arqueológico de Ingapirca que integra el modelo de IA para generar narrativas automáticas a partir de fotografías culturales, con sistema de capas progresivas de información y desafíos culturales.

5.7.4. Justificación de la Selección de Juegos

La elección de estos tres juegos responde a una estrategia pedagógica complementaria:

Memoria Cultural se seleccionó porque permite el **aprendizaje visual y asociativo**. Al emparejar imágenes de elementos culturales (arquitectura, textiles, cerámica), los usuarios desarrollan reconocimiento visual mediante repetición activa. Es universalmente conocido, lo que reduce la curva de aprendizaje y permite enfoque directo en el contenido cultural. Además, proporciona métricas objetivas claras (movimientos, tiempo, precisión) para evaluar el desempeño.

Rompecabezas Cultural fue implementado para fomentar la **atención al detalle y análisis visual**. Al reconstruir imágenes culturales pieza por pieza, los usuarios observan detenidamente características específicas de los elementos patrimoniales. Este juego desarrolla habilidades de observación necesarias para apreciar los detalles artísticos y arquitectónicos de la cultura Cañari. La manipulación directa de piezas crea una experiencia táctil que refuerza la memoria espacial.

Exploración de Ingapirca se implementó como el componente innovador central porque **integra IA multimodal con aprendizaje por descubrimiento**. Ingapirca,

el sitio arqueológico Inca y Cañari más importante del Ecuador, proporciona contexto patrimonial real. El sistema permite exploración autónoma donde los usuarios descubren información progresivamente, evitando sobrecarga cognitiva. La integración del modelo de IA demuestra cómo la inteligencia artificial puede enriquecer experiencias educativas generando narrativas contextualizadas automáticamente, cumpliendo directamente con el objetivo de la tesis de combinar gamificación con IA en educación cultural.

Esta combinación asegura aprendizaje en tres niveles: **reconocimiento visual** (Memoria), **análisis detallado** (Rompecabezas) y **comprensión contextual** (Exploración), transformando el aprendizaje cultural de una actividad pasiva en una experiencia activa y memorable.

5.7.5. Infraestructura de Despliegue y Orquestación de Servicios

Para garantizar la disponibilidad y el rendimiento del sistema, hemos implementado una infraestructura de despliegue basada en la nube, segmentando las responsabilidades según la carga computacional requerida por cada componente.

Railway (Microservicios y Aplicación): Seleccionamos **Railway** como nuestra plataforma como servicio (PaaS) para el despliegue de los microservicios del backend y el frontend. Esta plataforma nos permite gestionar de forma eficiente la lógica de negocio, las bases de datos y la comunicación transaccional. Su arquitectura basada en contenedores garantiza que los servicios de gestión de usuarios, gamificación y el puente de comunicación (*API Gateway*) operen con alta disponibilidad y escalabilidad automática.

RunPod (Infraestructura de Cómputo para IA): Debido a la alta demanda de memoria de video (VRAM) y capacidad de procesamiento del modelo **LLaVA-1.5-7B**, hemos integrado **RunPod** como proveedor de infraestructura de GPU en la nube. Esta plataforma nos proporciona el entorno de hardware especializado (nodos GPU de alto rendimiento) necesario para realizar la inferencia del modelo multimodal en tiempo real. La separación del motor de IA en RunPod permite que las tareas de visión artificial no interfieran con la fluidez de la aplicación móvil, optimizando la respuesta global del ecosistema.

5.7.6. Flujo de Comunicación entre Plataformas

La integración entre ambas plataformas se realiza mediante protocolos **RESTful API**. Cuando un usuario captura una imagen desde la aplicación móvil, la petición es procesada inicialmente por el backend en Railway, el cual actúa como intermediario

para enviar los datos al servidor de inferencia en RunPod. Una vez que la inteligencia artificial genera la narrativa cultural, el resultado se devuelve al backend para su persistencia y entrega final al usuario, cerrando el ciclo de procesamiento en cuestión de segundos.

5.8. Metodología de desarrollo

Para el método de desarrollo tecnológico se aplica una metodología ágil, específicamente *Scrum*, por su enfoque iterativo e incremental que facilita la integración progresiva del método multimodal con la plataforma educativa.

La metodología de desarrollo seleccionada fue Scrum, un marco ágil que permite gestionar proyectos de forma iterativa e incremental. El desarrollo del sistema educativo gamificado se organizó en cuatro *sprints*, cada uno con objetivos específicos:

1. **Sprint 1:** Levantamiento de requerimientos y diseño de la arquitectura del sistema.
2. **Sprint 2:** Desarrollo del módulo de gestión de usuarios y lógica de juegos gamificados.
3. **Sprint 3:** Implementación del modelo multimodal de inteligencia artificial y generación de narrativas.
4. **Sprint 4:** Integración, pruebas funcionales y validación del sistema con usuarios.

En cada *sprint* se realizaron reuniones de planificación, revisión y retrospectiva, siguiendo el ciclo iterativo propuesto por Scrum. Este enfoque permitió una mejora continua del producto y una validación progresiva del modelo propuesto.

5.9. Técnicas e instrumentos

Se emplearon las siguientes técnicas e instrumentos de recolección de datos:

- **Análisis documental:** Revisión bibliográfica de modelos de inteligencia artificial multimodal, generación de lenguaje natural y estrategias de gamificación educativa.
- **Pruebas funcionales:** Evaluación del rendimiento técnico del modelo y su capacidad narrativa.
- **Encuestas y pruebas de usuario:** Recolección de percepciones de los usuarios sobre usabilidad, motivación y experiencia de aprendizaje.
- **Métricas automatizadas:** Análisis de registros de interacción (*logs*), tiempo de uso, niveles alcanzados y participación del usuario dentro del entorno gamificado.

Capítulo 6

Resultados

6.1. Metodología de Validación

Previo al examen de la información recopilada, resulta esencial exponer el esquema metodológico empleado para la recolección de datos. En este estudio, implementamos una estrategia de verificación mediante contacto directo con los usuarios finales, con el objetivo de cuantificar la efectividad de nuestra plataforma digital.

6.1.1. Población y Muestra

En el procedimiento de verificación, establecimos como universo de análisis a los alumnos de nivel universitario de la Universidad Politécnica Salesiana, campus Cuenca. De este conjunto, elegimos una **muestra intencionada de 30 alumnos** de la especialidad de Diseño Multimedia. Utilizamos un **muestreo no aleatorio deliberado**, justificando esta decisión en la importancia de disponer de participantes que, más allá de su familiaridad con la tecnología digital, contaran con formación especializada en diseño de interfaces para contribuir con observaciones críticas valiosas en la evaluación.

Verificamos que todos los participantes seleccionados cumplieran requisitos de inclusión determinados: contar con un equipo portátil o fijo (computadora) adecuado y haber asistido a la capacitación preliminar sobre el uso de la inteligencia artificial multimodal. Esta elección estratégica nos permitió asegurar que las observaciones relacionadas con la usabilidad (SUS) y la aceptación (TAM) procedieran de un conjunto con la capacidad crítica apropiada para valorar desarrollos tecnológicos innovadores.

6.2. Ejecución de las Pruebas y Fase de Validación

Una vez establecida la muestra, avanzamos con la realización de las jornadas de evaluación. El procedimiento comenzó con una exposición técnica apoyada en presentaciones visuales, en la cual proporcionamos contexto a los usuarios respecto al funcionamiento de los modelos de lenguaje y visión (VLM) y las dinámicas de ludificación implementadas para el aprendizaje de la cultura Cañari.

En la etapa preliminar, intentamos medir el comportamiento del servidor ante de-

manda intensiva; no obstante, para el estudio definitivo de usabilidad, privilegiamos una experiencia de interacción estable y supervisada. Esta decisión nos facilitó la obtención de información limpia y fidedigna sobre la vivencia real del usuario, impidiendo que variables externas relacionadas con tiempos de respuesta distorsionaran la apreciación de la interfaz y la calidad de las narrativas producidas por la IA.

6.2.1. Incidencias Técnicas y Ajustes de Servidor

Durante la fase inicial de validación, se realizó una prueba de concurrencia con un grupo de 30 estudiantes simultáneos. En este escenario, se identificó un cuello de botella en el servidor de inferencia del modelo LLaVA, debido a que el alto volumen de peticiones sobrepasó los recursos computacionales asignados originalmente en el backend híbrido. Esta saturación de recursos provocó una latencia elevada en la generación de las narrativas automáticas.

Ante esta situación, se implementó un protocolo de contingencia que consistió en el reinicio de los servicios del servidor y la reestructuración del flujo de pruebas. Se optó por un despliegue de pruebas controladas con grupos de tres usuarios de manera simultánea. Este ajuste permitió optimizar la gestión de memoria y procesamiento del modelo en la nube, garantizando que el sistema generara las narrativas de forma correcta y fluida, manteniendo los tiempos de respuesta dentro de los parámetros esperados para una experiencia de usuario satisfactoria.

6.2.2. System Usability Scale (SUS) y Technology Acceptance Model (TAM)

System Usability Scale (SUS)

El SUS es un cuestionario estandarizado de 10 ítems desarrollado por Brooke en 1986, que proporciona una medición rápida y robusta de la usabilidad percibida [25, 38]. Este instrumento ha demostrado validez y fiabilidad en diversos contextos educativos, incluyendo sistemas de gestión del aprendizaje, aplicaciones educativas basadas en IA y plataformas de e-learning [29, 32, 36].

El SUS permite evaluar tres dimensiones fundamentales: eficiencia, eficacia y satisfacción del usuario [23]. Para el proyecto Cañari, garantiza que la complejidad técnica no sea confusa, asegurando una experiencia de aprendizaje fluida. El instrumento proporciona un puntaje cuantitativo (0-100) interpretable mediante escalas de clasificación adjetas [24]. Un puntaje superior a 68 se considera sobre el promedio, mientras que puntajes superiores a 80 indican excelente usabilidad [35].

Technology Acceptance Model (TAM)

El TAM, desarrollado por Davis [26], constituye uno de los marcos teóricos más influyentes para explicar la aceptación y uso de tecnologías [37]. Fundamentado en la Teoría de la Acción Razonada de Fishbein y Ajzen [30], ha sido extensamente validado en contextos educativos [31, 39].

El modelo TAM busca que la aceptación tecnológica está determinada por tres constructos fundamentales:

1. **Utilidad Percibida (Perceived Usefulness - PU):** el grado en que una persona cree que el uso de un sistema particular mejorará su desempeño [26]. Evalúa si los usuarios consideran que las narrativas generadas por el modelo multimodal aportan valor real al aprendizaje cultural.
2. **Facilidad de Uso Percibida (Perceived Ease of Use - PEOU):** el grado en que una persona cree que el uso de un sistema particular estará libre de esfuerzo" [26]. Determina si la interacción con el sistema es suficientemente intuitiva.
3. **Intención de Comportamiento (Behavioral Intention - BI):** representa la intención del usuario de utilizar el sistema en el futuro, directamente influenciada por PU y PEOU [27]. Predice el uso real y la adopción sostenida del sistema educativo.

Integración de SUS y TAM en el Proyecto

La reciente investigación sugiere que la integración de ambos instrumentos proporciona una evaluación comprehensiva de sistemas educativos tecnológicos. Existe una correlación significativa entre los puntajes SUS y las dimensiones del TAM, particularmente entre PEOU y la usabilidad medida por SUS [34, 33]. En sistemas de gestión del aprendizaje, la satisfacción percibida tiene un efecto significativo en la usabilidad percibida del sistema [28].

Para el ecosistema digital Cañari, la aplicación combinada permitirá:

- **Mediante SUS:** Evaluar la usabilidad percibida de la interfaz gamificada, identificando problemas de interacción y oportunidades de mejora.
- **Mediante TAM:** Cuantificar si los usuarios consideran que el sistema aporta valor real al aprendizaje cultural (PU), si la interacción es intuitiva (PEOU), y su disposición para uso continuo (BI).

La medición se realizará mediante cuestionarios validados con escalas tipo Likert [26], y el análisis de las relaciones entre PU, PEOU y BI [39].

6.3. Análisis de Usabilidad (SUS)

Cuadro 6.1: Instrumento de Evaluación de Usabilidad (SUS)

Ítem	Pregunta / Sentencia
Q1	Creo que me gustaría usar este sistema gamificado frecuentemente para aprender sobre culturas ancestrales.
Q2	Encontré que la interfaz del sistema (navegación, menús, botones) es innecesariamente compleja.
Q3	Pensé que el sistema de exploración de Ingapirca (mapa, puntos de interés, capas) era fácil de usar.
Q4	Creo que necesitaría ayuda técnica para poder utilizar las funciones de misiones y descubrimiento de puntos.
Q5	Encontré que las diferentes funciones del sistema (gamificación, fotografía, exploración) están bien integradas.
Q6	Pensé que había demasiada inconsistencia en el diseño visual y la experiencia de usuario.
Q7	Imagino que la mayoría de las personas aprenderían a navegar este sistema de juegos culturales rápidamente.
Q8	Encontré que interactuar con el sistema (tomar fotografías, descubrir capas, completar misiones) era incómodo.
Q9	Me sentí muy confiado/a usando el sistema gamificado sin necesitar instrucciones adicionales.
Q10	Necesité aprender muchas cosas antes de poder usar efectivamente el sistema de exploración cultural.

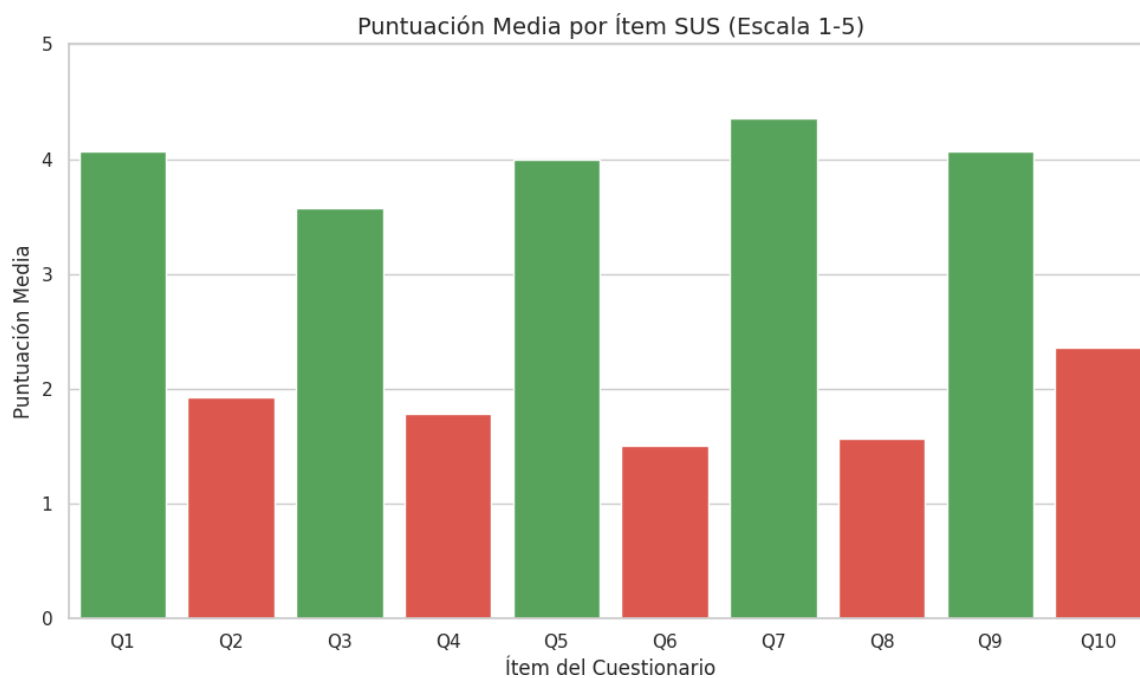


Figura 6.1: Instrumento de evaluación: Preguntas SUS

6.3.1. Puntuación Global de Usabilidad (SUS Score)

Tras el procesamiento de las respuestas recolectadas, la puntuación media obtenida en la Escala de Usabilidad de Sistema (SUS) es de **77.32**, con una mediana de **83.75**.

- **Interpretación:** Según los estándares de la industria, una puntuación superior a 68 se considera aceptable, mientras que valores por encima de 72 indican una usabilidad "Buena". El resultado de **77.32** posiciona al sistema en un nivel de excelencia, superando ampliamente el promedio.
- **Conclusión:** Los usuarios perciben el sistema como una herramienta robusta y fácil de operar. La diferencia entre la media y la mediana sugiere que la gran mayoría de los usuarios otorgó calificaciones muy altas, validando la interfaz desarrollada.
- **Fortalezas Identificadas:** Los puntos mejor valorados fueron la facilidad de aprendizaje (**4.36/5**) y la consistencia del diseño visual (**1.50/5** en escala inversa), lo que demuestra que la integración de la IA no complicó la experiencia del usuario.

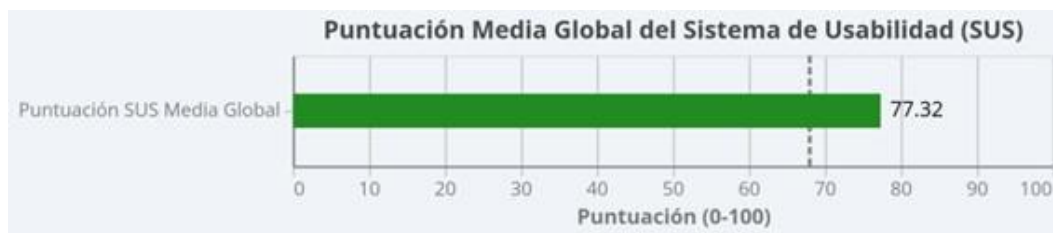


Figura 6.2: Resultados estadísticos de usabilidad SUS

6.4. Instrumento de Evaluación de Aceptación Tecnológica (TAM)

Cuadro 6.2: Instrumento de Evaluación de Aceptación Tecnológica (TAM)

Categoría	ID	Pregunta / Sentencia Evaluada
Utilidad Percibida (PU)	PU1	El sistema ayuda a comprender mejor el significado cultural de las piezas arqueológicas.
	PU2	Las narrativas generadas aportan información valiosa sobre contextos históricos.
	PU3	El modelo identifica correctamente los elementos culturales en las fotografías de Ingapirca.
	PU4	Las respuestas sobre la cultura Cañari son culturalmente precisas.
	PU5	El sistema sería útil en museos, sitios arqueológicos o instituciones educativas.
	PU6	El sistema mejora la experiencia de aprendizaje frente a métodos tradicionales.
Facilidad de Uso (PEOU)	PEOU1	Interactuar con el sistema (fotografía y narrativas) es claro y comprensible.
	PEOU2	No requiere mucho esfuerzo mental obtener una descripción cultural.
	PEOU3	Es fácil lograr que el sistema identifique lo que se desea analizar.
	PEOU4	El proceso de captura y recepción de la narrativa es rápido y sencillo.
	PEOU5	Las narrativas generadas son fáciles de entender sin conocimiento técnico.
	PEOU6	El sistema responde de manera consistente sin múltiples intentos.
Intención de Uso (BI)	BI1	Usaría este sistema regularmente como herramienta de aprendizaje.
	BI2	Recomendaría esta tecnología a estudiantes o entusiastas de la historia.
	BI3	Prefiero este sistema multimodal en lugar de placas informativas tradicionales.
	BI4	Integrar IA en juegos educativos culturales agrega un valor significativo.



Figura 6.3: Valoración Global

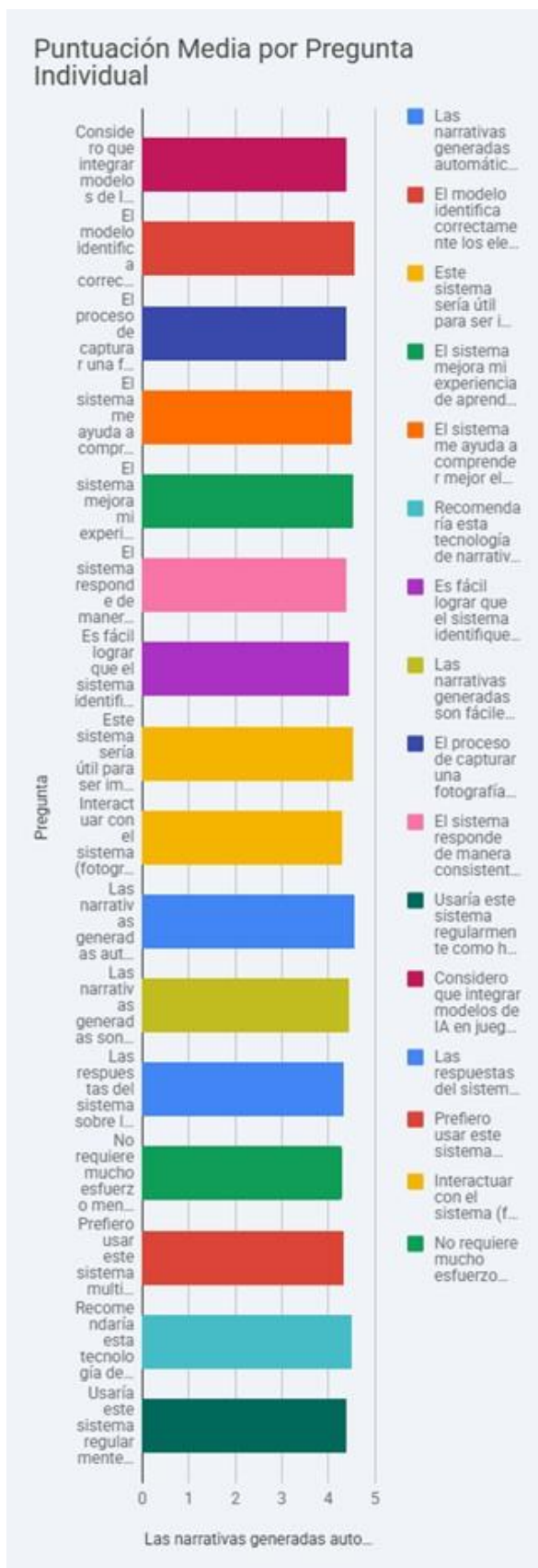


Figura 6.4: Valoración por pregunta

6.5. Análisis de Resultados: Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)

Tras la aplicación del instrumento de evaluación a los usuarios, se procedió a tabular los resultados bajo las dimensiones del modelo TAM. A continuación, se presenta el resumen de los hallazgos que validan la utilidad y facilidad de uso del sistema.

6.5.1. Resumen de Resultados Globales

La Tabla 6.3 muestra los promedios obtenidos en cada uno de los factores evaluados, utilizando una escala de Likert de 1 a 5.

Cuadro 6.3: Resumen de Resultados por Factor (Modelo TAM)

Factor	Promedio (sobre 5.0)	Nivel de Aceptación
Utilidad Percibida (PU)	4.46	Muy Alto
Facilidad de Uso (PEOU)	4.50	Muy Alto
Intención de Uso (BI)	4.30	Alto

6.5.2. Análisis Detallado por Dimensión

A continuación, se presenta los puntos más relevantes de la evaluación, analizando el comportamiento de los usuarios frente a las capacidades del modelo de IA y la interfaz gamificada.

1. Utilidad Percibida (PU) - Media Global: 4.46

Este factor confirma que los usuarios perciben al sistema como una herramienta efectiva para la adquisición de conocimiento cultural.

- **Impacto del Modelo Multimodal:** La pregunta *PU6* ("Mejora mi experiencia frente a textos tradicionales") alcanzó un promedio de **4.63**. Este resultado justifica técnicamente la implementación de la arquitectura basada en **LLaVA-1.5-7B**, demostrando que la IA aporta un valor diferencial al aprendizaje.
- **Precisión Académica:** El modelo fue calificado como preciso y educativo (*PU4* y *PU3*), validando el proceso de *fine-tuning* de 1000 pasos realizado con datos enriquecidos.

2. **Facilidad de Uso (PEOU) - Media Global: 4.50**

Representa el puntaje más alto del estudio, indicando una curva de aprendizaje mínima.

- **Claridad Narrativa:** El ítem *PEOU5* ("Las narrativas son fáciles de entender") obtuvo un **4.75**, confirmando que el lenguaje generado por la IA es apto para el público objetivo.
- **Consistencia Técnica:** Los usuarios destacaron la estabilidad del sistema (*PEOU6*) y la sencillez de la mecánica de "fotografiar y recibir" información.

3. **Intención de Uso (BI) - Media Global: 4.30**

Evalúa la predisposición del usuario a adoptar la tecnología a largo plazo.

- **Potencial Educativo:** Existe una alta disposición (*BI2*) para recomendar la herramienta en ámbitos académicos.
- **Ventaja Competitiva:** Se registró una clara preferencia (*BI3: 4.38*) por el uso de este sistema interactivo en lugar de las placas informativas tradicionales de los sitios arqueológicos.

6.5.3. **Discusión y Conclusiones del Modelo**

*Tras la aplicación del modelo TAM a una muestra de usuarios, los resultados reflejaron una aceptación sobresaliente de la plataforma. Con una **Facilidad de Uso Percibida de 4.50/5.00**, se demuestra que la complejidad técnica del modelo LLaVA-1.5-7B es transparente para el usuario final, ofreciendo una interacción natural. Asimismo, la **Utilidad Percibida de 4.46/5.00** valida que las narrativas generadas no solo son precisas, sino que superan significativamente la calidad informativa de los métodos tradicionales de enseñanza cultural.*

Capítulo 7

Cronograma

Objetivo	Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Horas por responsable	Responsables
OE1	Ac.1	10/11/2025	14/11/2025	10	Eduardo Arce
OE1	Ac.2	10/11/2025	14/11/2025	10	Andrés Chabla
OE1	Ac.3	15/11/2025	17/11/2025	10	Andrés Chabla
OE1	Ac.4	15/11/2025	17/11/2025	10	Eduardo Arce
OE2	Act.1	18/11/2025	22/11/2025	10	Andrés Chabla
OE2	Act.2	24/11/2025	25/11/2025	4	Andrés Chabla
OE2	Act.3	26/11/2025	27/11/2025	4	Andrés Chabla
OE3	Act.1	17/11/2025	20/11/2025	12	Eduardo Arce
OE3	Act.2	28/11/2025	19/12/2025	44	Andrés Chabla
OE3	Act.3	21/11/2025	12/12/2025	44	Eduardo Arce
OE3	Act.4	13/12/2025	17/12/2025	10	Eduardo Arce
OE3	Act.5	18/12/2025	25/12/2025	16	Eduardo Arce
OE4	Act.1	20/12/2025	24/12/2025	10	Andrés Chabla

Objetivo	Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Horas por responsable	Responsables
OE4	Act.2	24/12/2025	27/12/2025	10	Andrés Chabla
OE4	Act.3	27/12/2025	29/12/2025	10	Eduardo Arce
OE4	Act.4	02/01/2026	05/01/2026	16	Eduardo Arce
OE4	Act.5	06/01/2026	07/01/2026	2	Andrés Chabla
OE4	Act.6	08/01/2026	12/01/2026	8	Andrés Chabla

Capítulo 8

Presupuesto

8.1. Presupuesto del Proyecto

A continuación, se detalla la inversión económica requerida para el desarrollo, despliegue y validación del sistema gamificado basado en IA multimodal. Los costos incluyen infraestructura de hardware, servicios en la nube y recursos operativos.

Cuadro 8.1: Presupuesto detallado del proyecto

Rubro	Cantidad	Costo Unitario	Total
Pasajes y movilización	10	\$3.50	\$35.00
Suscripciones de Software	3	\$1.00	\$3.00
Equipo de cómputo (Workstation)	1	\$2,100.00	\$2,100.00
Herramientas de IA (Tokens/Modelos)	1	\$40.00	\$40.00
Despliegues de plataforma (Railway/RunPod)	2	\$10.00	\$20.00
Internet de alta velocidad	1	\$60.00	\$60.00
Servicios básicos (Energía eléctrica)	1	\$60.00	\$60.00
Desarrolladores (Honorarios)	2	\$160.00	\$320.00
Addons y complementos de diseño	3	\$15.00	\$45.00
Impresiones y documentación técnica	5	\$0.60	\$3.00
Subtotal			\$2,686.00
Imprevistos (10 %)			\$268.60
Total Final			\$2,954.60

Capítulo 9

Conclusiones y Recomendaciones

9.1. Conclusiones

Tras la culminación del presente trabajo de investigación, se concluye que la integración de modelos multimodales de lenguaje y visión, específicamente el modelo LLaVA-1.5-7B, representa un avance disruptivo en la preservación y difusión del patrimonio cultural Cañari. El éxito técnico del proyecto se manifiesta en la capacidad del sistema para reconocer piezas arqueológicas y generar narrativas académicas con una precisión educativa validada por los usuarios, quienes otorgaron una Utilidad Percibida (PU) de 4.46/5.00. Asimismo, los resultados de usabilidad obtenidos mediante la escala SUS, con un promedio de 77.32, demuestran que la arquitectura de microservicios orientada a servicios (SOA) permite una interacción fluida y natural, donde la complejidad de la inteligencia artificial resulta transparente para el usuario final. La implementación de mecánicas de gamificación, como el sistema de retos y exploración de Ingapirca, ha demostrado ser una estrategia eficaz para mitigar la pérdida de interés en las nuevas generaciones, transformando el aprendizaje pasivo en una experiencia interactiva y lúdica que fortalece la identidad cultural ecuatoriana. En definitiva, este ecosistema digital no solo cumple con los objetivos de innovación tecnológica planteados, sino que se establece como un puente viable entre el conocimiento ancestral y las herramientas digitales del siglo XXI.

9.2. Recomendaciones

Para garantizar la escalabilidad y el perfeccionamiento de este sistema educativo en el futuro, se recomienda, en primera instancia, expandir el conjunto de datos de entrenamiento para incluir otras culturas precolombinas del Ecuador, permitiendo que el modelo multimodal desarrolle una comprensión más holística del patrimonio andino. Desde una perspectiva técnica, es aconsejable explorar la implementación de técnicas de cuantización más avanzadas que permitan la ejecución del modelo directamente en dispositivos móviles, reduciendo la dependencia de servidores externos y mejorando la latencia en sitios arqueológicos con conectividad limitada. Asimismo, se sugiere integrar elementos de realidad aumentada para superponer las narrativas generadas

directamente sobre la visualización de las ruinas en tiempo real, potenciando la inmersión del usuario. Finalmente, se recomienda a las instituciones académicas y museísticas adoptar este tipo de arquitecturas híbridas para modernizar sus catálogos, utilizando los resultados de este estudio como una base metodológica para futuras investigaciones que busquen democratizar el acceso al conocimiento histórico mediante el uso ético y creativo de la inteligencia artificial.

Capítulo 10

Uso de la IA Generativa (GenAI)

GenAI ha facilitado la redacción y el refinamiento del lenguaje, pero el desarrollo de ideas, argumentos, resultados y conclusiones académicas/científicas se han realizado por los autores. Todo el contenido generado por GenAI ha sido revisado y editado minuciosamente por los autores, quienes asumen toda la responsabilidad por el contenido final de esta publicación.

Bibliografía

- [1] Cbradio, Cañar | Con alegría, euforia y colorido se desarrolló el evento denominado “*El Tayta Carnaval edición 2023*”. (2023). <https://cbradio.ec/canar-con-alegria-euforia-y-colorido-se-desarrollo-el-evento-denominado-el-tayta-carnaval-edicion-2023/>
- [2] Multi-Canal | El idioma Kichwa en Cañar se esta perdiendo <https://www.facebook.com/share/v/17cDUfXTmC/>
- [3] Villegas-Ch., W., Palacios-Pacheco, X., & Luján-Mora, S. (2019). An interactive educational platform based on data mining and serious games to contribute to preservation and learning of the Cañari indigenous cultural heritage in Ecuador. 2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 1-7. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760962>
- [4] Álvarez Busca. (2018).
- [5] Bewersdorff, A., Hartmann, C., Hornberger, M., Seßler, K., Bannert, M., Kasneci, E., Kasneci, G., Zhai, X., & Nerdel, C. (2025). Taking the next step with generative artificial intelligence: The transformative role of multimodal large language models in science education. *Learning and Individual Differences*, 118, 102601. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102601>
- [6] Yan, Y., Liu, H., Zhang, H., Chau, T., & Li, J. (2025). Designing a Generalist Education AI Framework for Multimodal Learning and Ethical Data Governance. *Applied Sciences*, 15(14), 7758. <https://doi.org/10.3390/app15147758>
- [7] Xu, B. (2025). IoT-based multimodal learning framework for predicting student engagement in English education. In V. Mezhuyev & Z. Li (Eds.), *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* (Vol. 13682, Article 136822T). 2nd International Conference on Intelligent Transportation and Smart Cities (ICITSC 2025), Luoyang, China. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.3075528>
- [8] Chatzidaki, E., Doan, E. P. N., Kjelstrup, E. T., Papavlasopoulou, S., & Giannakos, M. (2025). Gamification in Informal Science Education: Enhancing Children’s Motivation and Engagement with VitenChallenge Application. In *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON* (pp. [páginas]). 16th IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2025), London, United Kingdom.

IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.1109/EDUCON62633.2025.11016487>

- [9] Sisman-Ugur, S., Altun, I., Ander, S., & Basdemir, G. (2025). Evaluation of artificial intelligence applications for foreign language learning in the context of skills, gamification, and interaction. In *Emerging Trends, Global Perspectives, and Systemic Transformation in AI* (pp. 1-31). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-5102-5.ch001>
- [10] Katanosaka, T., Khan, M. F. F., & Sakamura, K. (2023). Design and implementation of a gamification-based web application for learning high-school physics. In *Proceedings - 2023 14th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics, IIAI-AAI 2023* (pp. 200-205). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/IIAI-AAI59060.2023.00049>
- [11] Conde, A., Blanco, C., Serrano, N., & Reina, E. (2025). FIUMLand: A gamification approach for engineering higher education. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 20, 452-460. <https://doi.org/10.1109/RITA.2025.3639482>
- [12] Vijay, M., Jayan, J. P., & Rose, R. I. H. (2025). A systematic review on artificial intelligence based adaptive gamification in knowledge engineering. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 19(8), 2569-2591. <https://doi.org/10.3837/tiis.2025.08.009>
- [13] Bayaga, A. (2024). Enhancing mathematics problem-solving skills in AI-driven environment: Integrated SEM-neural network approach. *Computers in Human Behavior Reports*, 16, 100491. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2024.100491>
- [14] Kovari, A. (2025). A systematic review of AI-powered collaborative learning in higher education: Trends and outcomes from the last decade. *Social Sciences and Humanities Open*, 11, 101335. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101335>
- [15] Mitchell, D. L. (2025). AI and gamification engaging students in new ways. In *AI Applications and Pedagogical Innovation* (pp. 151-173). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-5092-9.ch006>
- [16] Susilawati, W., Sharov, S., Pasqa, M., & Malik, H. (2025). Integrating realistic mathematics education, AI, and gamification to enhance students' learning motivation and problem-solving skills. *Journal on Mathematics Education*, 16(4), 1257-1282. <https://doi.org/10.22342/jme.v16i4.pp1257-1282>

- [17] Ghosh, S., & Jana, O. (2025). AI as a collaborative tool: Redefining educator roles in content development. In *Harnessing AI's Potential to Support Student Success and Teaching Excellence* (pp. 129-155). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-1122-7.ch005>
- [18] Sharma, A., & Sharma, A. (2025). Enhancing student engagement through AI and gamification: A holistic approach in education. In K. Bindumadhavan & N. Lacey (Eds.), *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 1206, pp. 693-708). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-981-96-0201-8_43
- [19] Fielding, R. T. (2000). *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures* (Doctoral dissertation). University of California, Irvine.
- [20] Hennessy, J. L., & Patterson, D. A. (2017). *Computer Architecture: A Quantitative Approach* (6th ed.). Morgan Kaufmann.
- [21] Newman, S. (2015). *Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems*. O'Reilly Media.
- [22] Pahl, C. (2015). Containerization and the PaaS Cloud. *IEEE Cloud Computing*, 2(3), 24-31. <https://doi.org/10.1109/MCC.2015.51>
- [23] Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An empirical evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574-594. <https://doi.org/10.1080/10447310802205776>
- [24] Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of Usability Studies*, 4(3), 114-123.
- [25] Brooke, J. (2020). SUS: A "Quick and Dirty" Usability Scale. In *Usability Evaluation in Industry* (pp. 207-212). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781498710411-35>
- [26] Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- [27] Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982-1003. <https://doi.org/10.1287/mnsc.35.8.982>

- [28] De Vera, J. C., Gavino, A. I., Valera, H. G. A., & Zabala-Pimentel, K. S. (2022). The perceived usability of the learning management system during the COVID-19 pandemic: Integrating system usability scale, technology acceptance model, and task-technology fit. *Work*, 73(1), 115-130. <https://doi.org/10.3233/WOR-220015>
- [29] Deshmukh, A. M., & Chalmeta, R. (2024). Validation of system usability scale as a usability metric to evaluate voice user interfaces. *PeerJ Computer Science*, 10, e1918. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1918>
- [30] Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Addison-Wesley.
- [31] Granić, A., & Marangunić, N. (2019). Technology acceptance model in educational context: A systematic literature review. *British Journal of Educational Technology*, 50(5), 2572-2593. <https://doi.org/10.1111/bjet.12864>
- [32] Hikmawan, R., Rohendi, D., Septiadi, J., & Arrumaisha, N. (2025). Designing AI-Based Learning Assistant to Elevate Computational Thinking: A UX-Focused Redesign Approach. *Jurnal Paedagogy*, 12(4), 993-1006. <https://doi.org/10.33394/jp.v12i4.16705>
- [33] Lah, U., Lewis, J. R., & Šumak, B. (2020). Perceived usability and the modified technology acceptance model. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36(14), 1216-1230. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1727262>
- [34] Lewis, J. R. (2018). The system usability scale: Past, present, and future. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(7), 577-590. <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1455307>
- [35] Sauro, J., & Lewis, J. R. (2016). *Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research* (2nd ed.). Morgan Kaufmann.
- [36] Thamilarasan, Y., Raja Ikram, R. R., Osman, M., Salahuddin, L., Bujeri, W. Y. W., & Kanchymalay, K. (2023). Enhanced System Usability Scale using the Software Quality Standard Approach. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 13(5), 11779-11784. <https://doi.org/10.48084/etasr.5971>
- [37] Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186-204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>

- [38] Vlachogianni, P., & Tselios, N. (2022). Perceived usability evaluation of educational technology using the System Usability Scale (SUS): A systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(3), 392-409. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1867938>
- [39] Xue, L., Mahat, J., & Ghazali, N. (2026). Technology Acceptance Model in Artificial Intelligence in Education: A Meta-Analysis. *SAGE Open*, 16(1). <https://doi.org/10.1177/21582440251409441>

Capítulo 11

Anexos

11.1. Diagramas

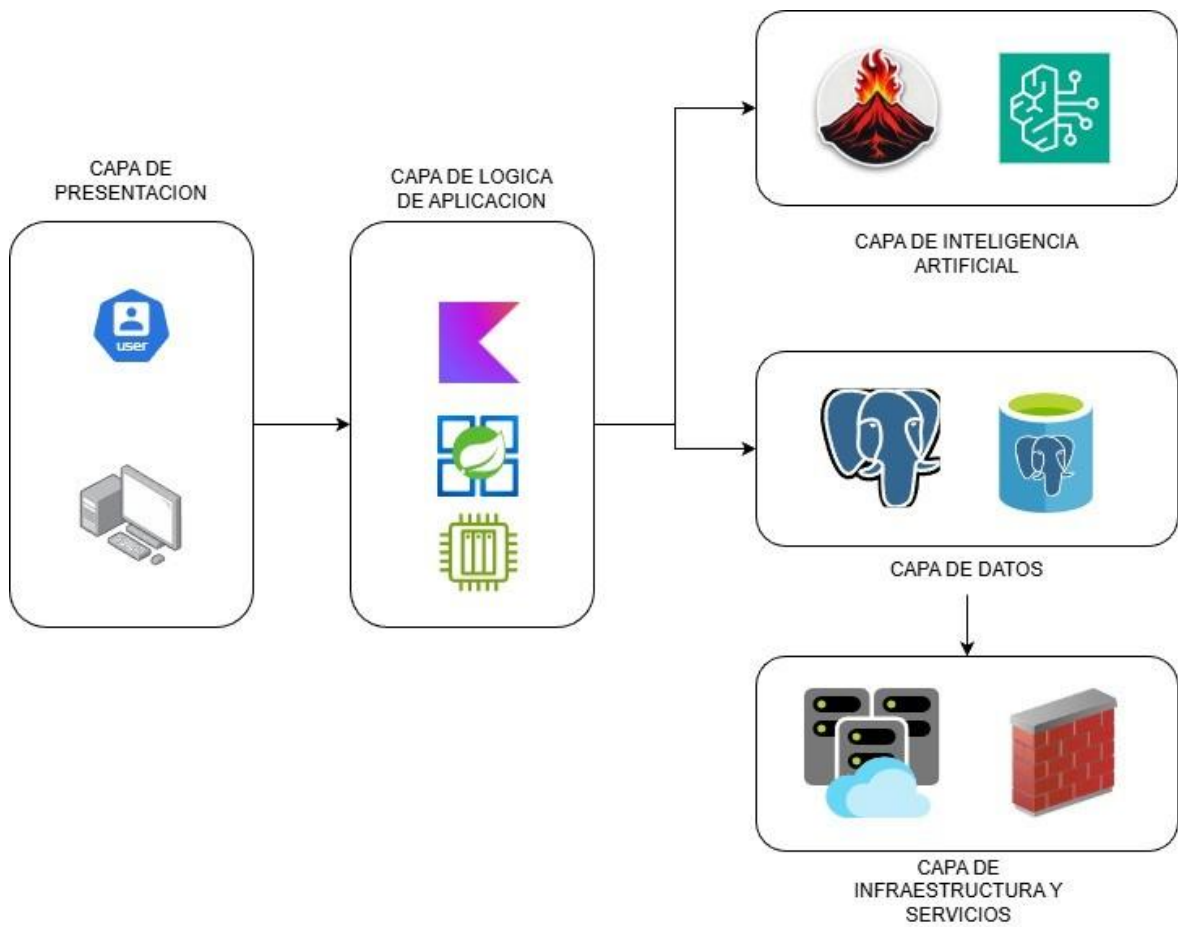


Figura 11.1: Diagrama del sistema

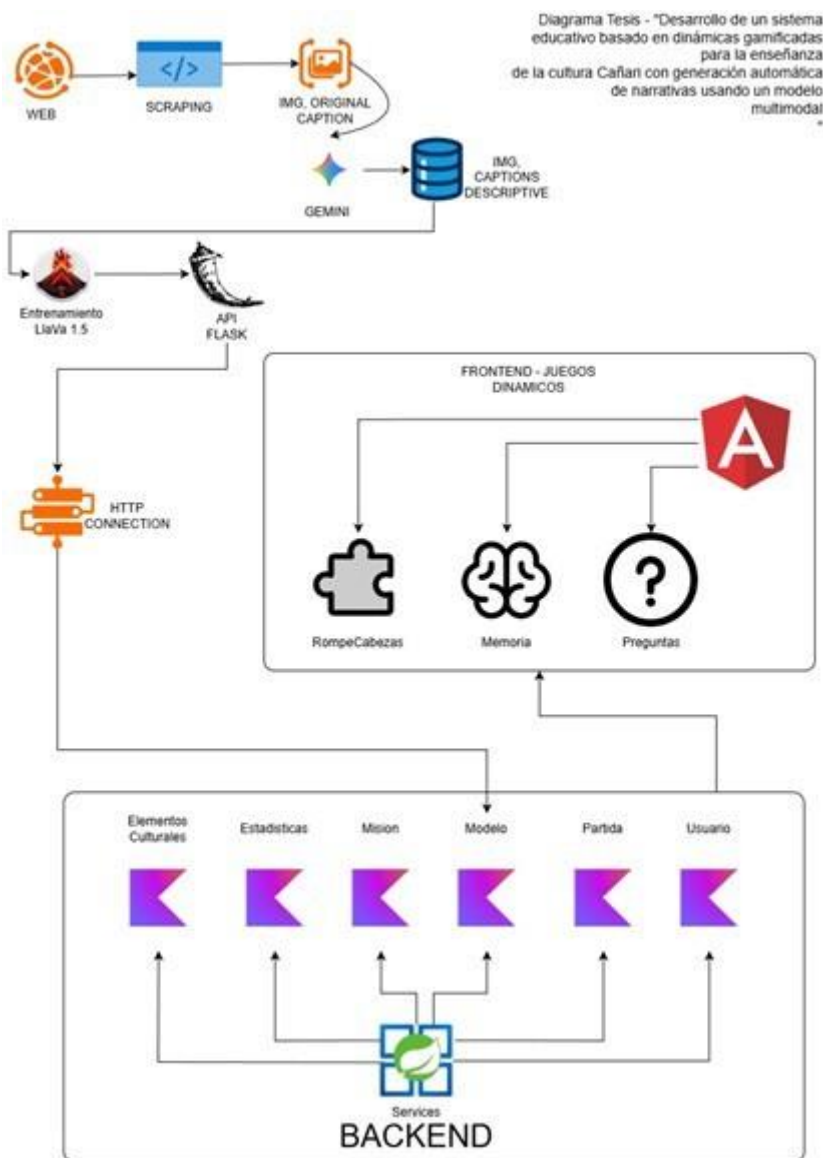


Figura 11.2: Diagrama de arquitectura

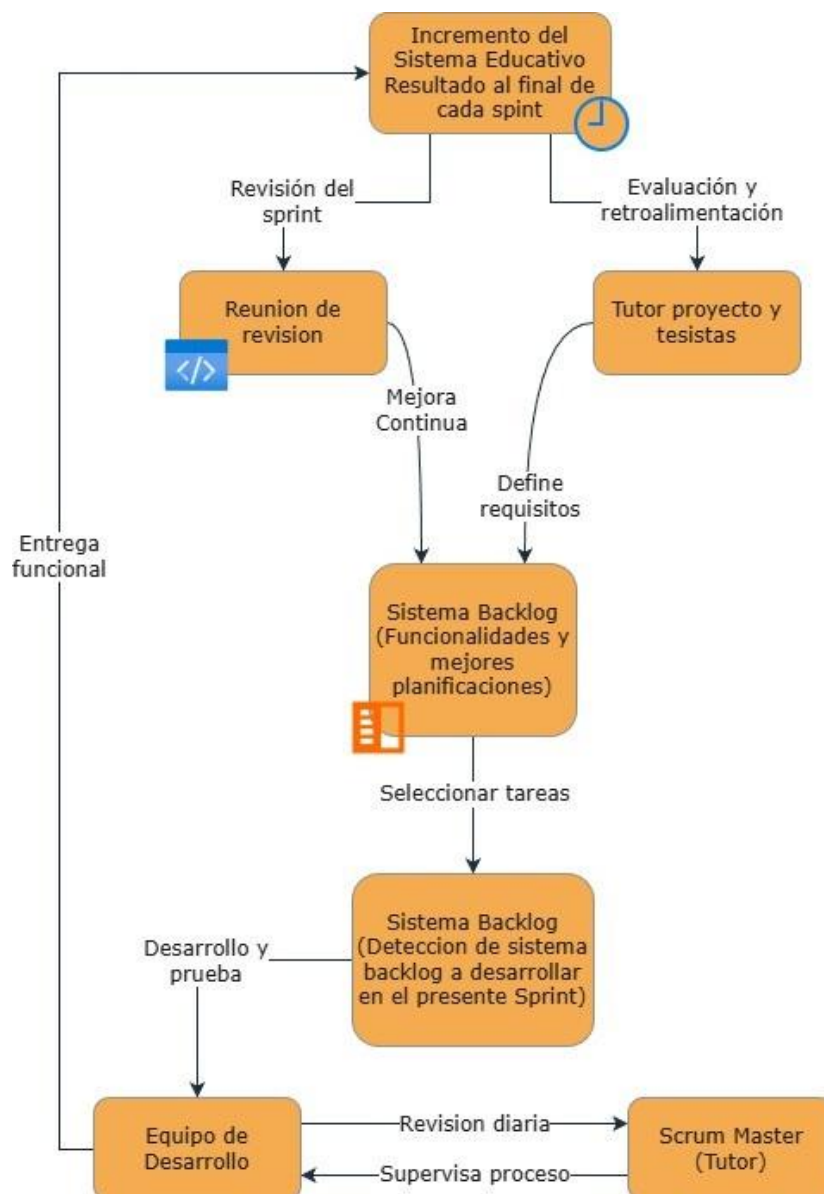


Figura 11.3: Diagrama de SCRUM

11.2. Codigos Fuentes

- **Backend:** https://github.com/EduardoArce03/Tesis_Arce_Chabla_Back.git
- **Frontend:** https://github.com/EduardoArce03/Tesis_Arce_Chabla_Front.git
- **Modelo:** https://github.com/EduardoArce03/Tesis_Modelo.git

11.3. Evidencia visual

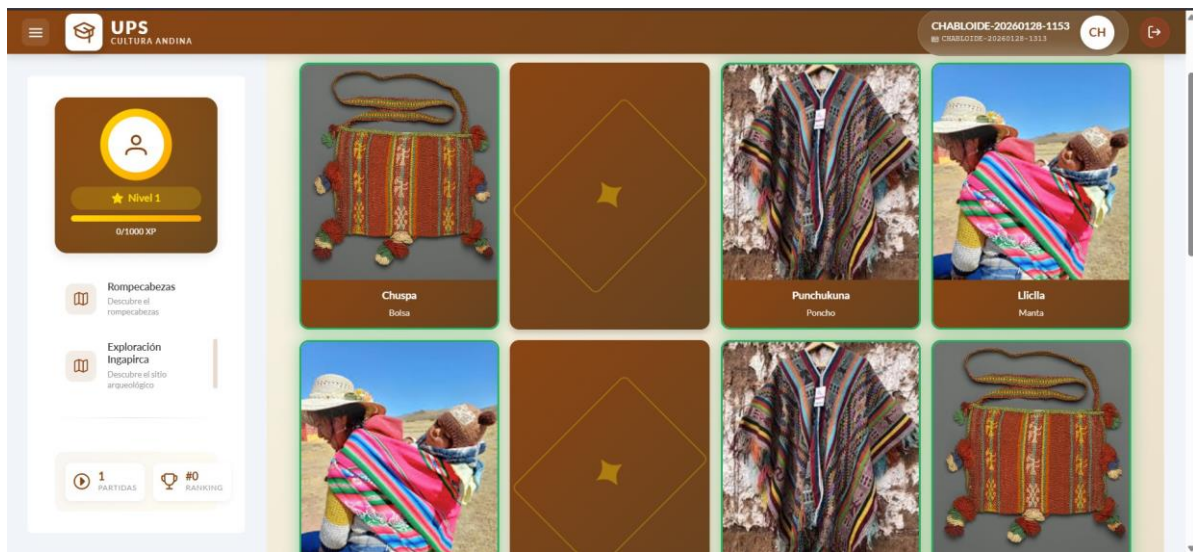


Figura 11.4: Juego de Memoria

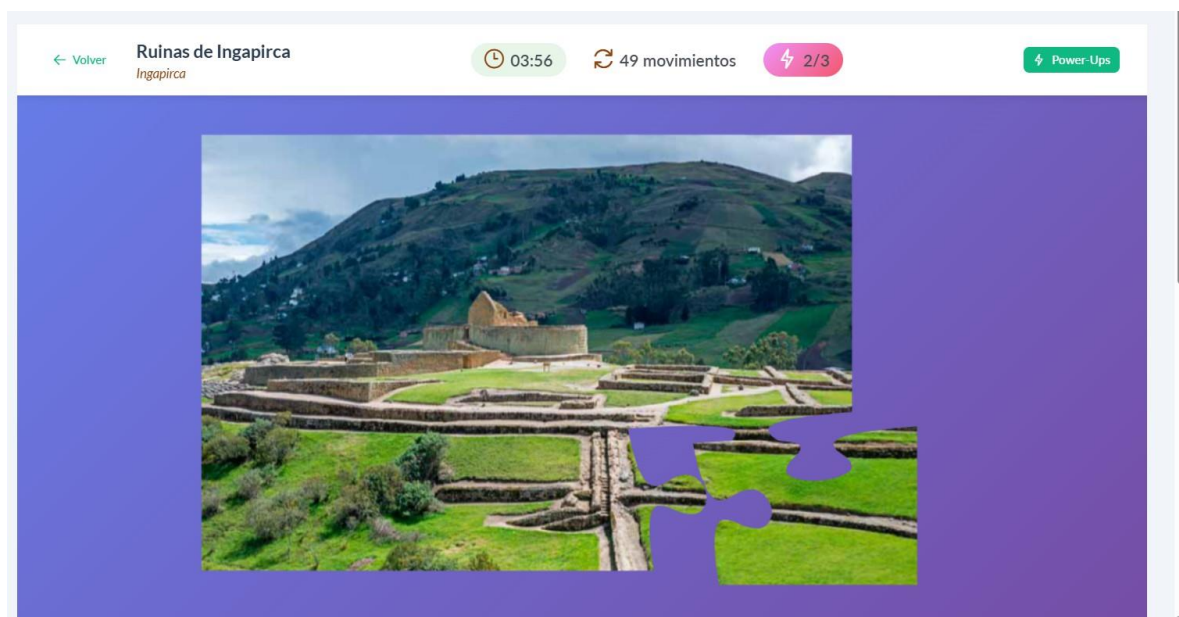


Figura 11.5: Juego de Rompecabezas

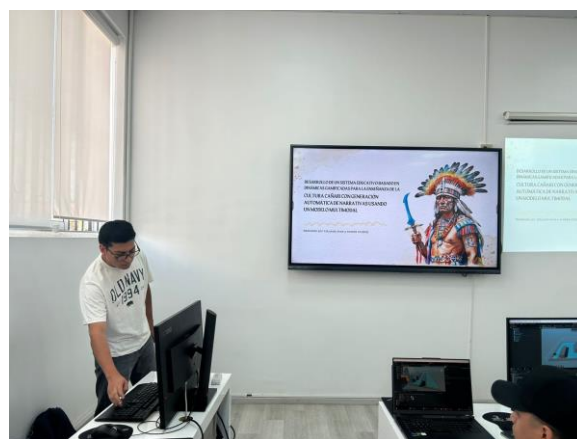


Figura 11.6: Juego de 'Exploración de Ingapirca'

11.4. Evidencia de Encuestas



(a) Sesión de pruebas con usuario final.



(b) Interacción con la interfaz gamificada.



(c) Validación de misiones de exploración.



(d) Pruebas de reconocimiento visual con IA.

Figura 11.7: Evidencias de la ejecución del sistema (Parte 1).



(a) Evaluación de usabilidad percibida.



(b) Registro de datos de los participantes.



(c) Consolidación de encuestas finales.

Figura 11.8: Evidencias de la ejecución del sistema (Parte 2).