

# PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

**LIVRARIO:** Aplicación para mejorar la experiencia en la lectura de personas hispanohablantes en 2025

## **Autor/es:**

Irigoyen, Nicolás - LU: 1136598

Lombardo, Carlos Timoteo - LU: 1134547

## **Carrera:**

Ingeniería en Informática

## **Tutor/es:**

Martínez, María Roxana

## **Año:**

2025

# PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

## LIVRARIO

**Aplicación para mejorar la experiencia en la lectura de personas hispanohablantes en 2025**

**Irigoyen, Nicolás – LU1136598**

Ingeniería en Informática

**Lombardo, Carlos Timoteo – LU1134547**

Ingeniería en Informática

Tutora:

**Martínez, María Roxana, UADE**

**2025**

# UADE

**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

## Agradecimientos

A nuestra tutora, la Dra. Ing. Roxana Martínez, por su guía constante, su claridad para orientar cada decisión y su enorme generosidad. Más allá de las reuniones quincenales, siempre estuvo disponible para responder consultas puntuales con una dedicación extraordinaria y una paciencia que valoramos profundamente.

A nuestras familias, por el apoyo emocional y práctico durante todo el proceso: por la paciencia, el aliento en los momentos difíciles y la comprensión ante las horas que le dedicamos a este trabajo.

En particular, Timoteo Lombardo desea agradecer, en primer lugar, a Dios, por su guía y fortaleza a lo largo de este trabajo. A su esposa, Giuliana Lemos, por su apoyo incondicional y por sostener con cariño y confianza cada etapa. Asimismo, agradece a su abuelo, Alberto Ainscough, quien siempre preguntó por los avances de la carrera y del proyecto, confió en él y está seguro de que se sentiría orgulloso de este resultado.

Por otro lado, Nicolás Irigoyen desea agradecer profundamente al equipo de Huawei Cloud, quienes acompañaron todo el proceso de este trabajo con feedback constante y aportando ideas. Sus contribuciones con posibles mejoras, el compartir experiencias previas y, especialmente, los ánimos y la motivación brindados en cada etapa fueron fundamentales para alcanzar una propuesta más sólida, eficiente y superadora.

A Máximo Fain, a quien conocimos en segundo año y con quien transitamos la mayor parte de la carrera. Gracias por su empatía, generosidad, compañerismo y por ser la persona que es; nos enorgullece llamarlo amigo y compañero.

A Donnie Sacristan y Paula Cuschnir, por entrevistas claras y generosas que orientaron decisiones claves para el desarrollo de este trabajo.

A Aníbal Freijo, docente y directivo que marcó nuestra trayectoria institucional y académica. Su compromiso, su mirada exigente y a la vez cercana, y su permanente búsqueda de que mejoremos nos impulsaron a dar lo mejor tanto dentro como fuera del aula.

A la Universidad Argentina de la Empresa (UADE), por brindarnos el marco institucional, los recursos y el espacio académico donde este trabajo pudo desarrollarse.

A los docentes del Proyecto Final de Ingeniería Informática (PFI), por su guía, exigencia y feedback, que nos ayudaron a mejorar cada iteración del trabajo. En especial, a Pablo Inchausti que nos guió y alentó en todo momento durante la Huawei ICT Competition 2024–2025 (Cloud Track).

## Resumen

Las personas con afantasia o TDAH enfrentan barreras para sostener y disfrutar la lectura. Entre ellas se incluyen la dificultad para crear imágenes mentales, mantener la atención de manera continua, retomar la obra después de interrupciones y persistir en ella. En consecuencia, la experiencia de la lectura es fragmentada y poco satisfactoria. En este contexto, el presente trabajo introduce LIVRARIO, una propuesta de lectura en realidad virtual orientada a acompañar a estos lectores. El objetivo es ofrecer una experiencia más clara y accesible a partir de tres ejes complementarios: ambientes temáticos acordes al género del libro, apoyos visuales derivados del propio texto y un asistente que resuelve consultas sin adelantar la trama.

La solución opera de manera coordinada con el progreso del lector. Primero, detecta automáticamente el género de la obra y sitúa la lectura en el ambiente temático pertinente; en este trabajo se implementaron los entornos policial, ciencia ficción y fantasía. Luego, con inteligencia artificial, genera imágenes de personajes y escenas 360° a partir del contenido del libro, y presenta esas visuales según el progreso de lectura. También, con inteligencia artificial, el asistente de lectura responde consultas únicamente en función de dicho progreso, evitando spoilers. De este modo, la ayuda llega sincronizada con el recorrido individual de cada lector, sin interferir con la narrativa.

El prototipo fue validado mediante encuestas y entrevistas a potenciales usuarios y referentes del ámbito educativo. Los resultados confirmaron la validez de la propuesta y aportaron mejoras concretas para la experiencia: simplificar la navegación, ajustar iluminación, habilitar gestos simples para pasar de página y reducir elementos que no suman a la tarea de leer. En conjunto, la evidencia obtenida sugiere que LIVRARIO facilita el enfoque, aporta claridad y fortalece la comprensión tanto en contextos educativos como en lectura recreativa.

De esta manera, el valor principal del proyecto es poner la tecnología al servicio del lector mejorando la experiencia y la comprensión lectora mediante entornos temáticos según el género, junto con apoyos visuales y un asistente de lectura que respetan el progreso del lector en el libro.

**Palabras clave:** *Realidad virtual; Afantasia; TDAH; Lectura; Comprensión lectora; Inteligencia artificial; Apoyos visuales; Ambientes temáticos; Asistente de lectura; Progreso de lectura.*

## Abstract

People with aphantasia or ADHD face barriers to sustaining and enjoying reading. These include difficulty forming mental images, maintaining attention continuously, resuming the work after interruptions, and persisting with it. Consequently, the reading experience is fragmented and unsatisfying. In this context, this work introduces LIVRARIO, a virtual-reality reading approach designed to support these readers. The aim is to offer a clearer and more accessible experience based on three complementary pillars: genre-appropriate thematic environments, visual supports derived from the text itself, and an assistant that answers questions without revealing the plot.

The solution operates in line with the reader's progress. First, it automatically detects the work's genre and places the reading in the relevant thematic environment; in this project, the crime, science fiction, and fantasy environments were implemented. Then, using artificial intelligence, it generates character images and 360° scenes from the book's content and presents those visuals according to the reader's progress. The reading assistant, also powered by artificial intelligence, answers questions solely on the basis of that progress, avoiding spoilers. In this way, support arrives in step with each reader's individual path without interfering with the narrative.

The prototype was validated through surveys and interviews with potential users and educational stakeholders. The results confirmed the proposal's validity and led to concrete improvements to the experience: simplifying navigation, adjusting lighting, enabling simple page-turn gestures, and removing elements that do not contribute to the act of reading. Taken together, the evidence suggests that LIVRARIO helps readers focus, adds clarity, and strengthens comprehension in both educational settings and recreational reading.

Thus, the core value of the project is to put technology at the service of the reader, improving the experience and comprehension through genre-specific thematic environments, together with visual aids and a reading assistant that respect the reader's progress through the book.

**Keywords:** *Virtual reality; Aphantasia; ADHD; Reading; Reading comprehension; Artificial intelligence; Visual aids; Thematic environments; Reading assistant; Reading progress.*

**Contenidos**

- 1. Introducción ..... 9
  - 1.1. Objetivos..... 10
    - 1.1.1. Objetivo general..... 10
    - 1.1.2. Objetivos específicos ..... 10
  - 1.2. Alcance ..... 10
- 2. Antecedentes ..... 12
  - 2.1. Marco teórico..... 12
    - 2.1.1. Desarrollo de la problemática ..... 12
      - 2.1.1.1. Comprensión lectora y procesos cognitivos..... 12
      - 2.1.1.2. Afantasia..... 14
      - 2.1.1.3. Trastorno por Déficit de Atención con/sin Hiperactividad (TDAH) ..... 15
      - 2.1.1.4. Motivación lectora..... 17
      - 2.1.1.5. Lectura en contextos inmersivos ..... 17
    - 2.1.2. Desarrollo de conceptos tecnológicos..... 19
      - 2.1.2.1. Realidad Virtual (RV) ..... 19
      - 2.1.2.2. Redes Neuronales Artificiales ..... 21
      - 2.1.2.3. Inteligencia Artificial Generativa..... 27
      - 2.1.2.4. Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN)..... 30
      - 2.1.2.5. Unity ..... 31
  - 2.2. Estado del Arte ..... 32
    - 2.2.1. Aplicaciones comercializadas de lectura inmersiva en Realidad Virtual (2024-2025) ..... 32
    - 2.2.2. Otras aplicaciones y propuestas inmersivas..... 36
    - 2.2.3. Popularidad y relevancia de las aplicaciones existentes ..... 38
    - 2.2.4. Comparativa de aplicaciones de lectura inmersiva en realidad virtual ..... 39
    - 2.2.5. Conclusión ..... 40
- 3. Descripción ..... 41
  - 3.1. User Research ..... 41
    - 3.1.1. Encuesta ..... 41
    - 3.1.2. Entrevistas ..... 44
      - 3.1.2.1. Entrevista a Paula Cuschnir..... 45
      - 3.1.2.2. Entrevista a Donnie Sacristan..... 46
    - 3.1.3. Análisis de resultados..... 48

3.2. Plan de validación técnica .....	49
3.3. Análisis funcional y requisitos.....	50
3.3.1. Casos de uso.....	50
3.3.2. Requerimientos funcionales.....	51
3.3.3. Requerimientos no funcionales.....	52
3.4. Solución .....	53
3.4.1. Tecnologías utilizadas.....	53
3.4.1.1. Meta Quest .....	54
3.4.1.2. Unity.....	54
3.4.1.3. C# .....	55
3.4.1.4. Python.....	55
3.4.1.5. PostgreSQL y PGVector .....	56
3.4.1.6. Ollama .....	57
3.4.1.7. Retrieval Augmented Generation (RAG).....	58
3.4.1.8. RabbitMQ.....	58
3.4.1.9. Dify.....	59
3.4.1.10. Docker .....	59
3.4.1.11. Kubernetes.....	60
3.4.1.12. Huawei Cloud.....	60
3.4.1.13. Git y Git LFS.....	61
3.4.2. Arquitectura conceptual .....	61
3.4.2.1. Flujo de ingesta y generación de contenidos.....	63
3.4.3. Arquitectura de despliegue Cloud.....	68
3.4.4. Flujo de usuario.....	72
3.4.5. Interfaz de usuario.....	75
3.5. Modelo de negocio .....	81
3.5.1. Misión .....	81
3.5.2. Visión.....	81
3.5.3. Modelo Canvas .....	82
3.5.4. Canvas de propuesta de valor.....	85
3.5.5. Análisis de las cinco fuerzas de Porter.....	87
3.5.6. FODA.....	89
3.6. Identidad de marca.....	91
3.6.1. Marca .....	91

---

3.6.2. Logo .....	91
3.6.3. Paleta de colores.....	92
3.7. Análisis financiero .....	92
3.7.1. Supuestos y variables del modelo .....	93
3.7.2. VAN.....	93
3.7.3. TIR .....	94
3.7.4. Payback .....	94
3.7.5. Cantidad de usuarios alcanzados.....	94
3.7.6. Interpretación de resultados .....	95
3.8. Viabilidad legal.....	96
3.8.1. Alcances y limitaciones frente a diagnósticos y tratamientos.....	96
3.8.2. Derechos de autor y responsabilidad sobre los contenidos cargados.....	96
4. Metodología de desarrollo .....	98
5. Pruebas realizadas .....	100
5.1. Pruebas unitarias.....	100
5.1.1. Frontend Unity .....	100
5.1.2. Backend Python .....	101
5.2. Pruebas con usuarios.....	103
5.2.1. 9 de octubre de 2025 .....	103
5.2.1.1. Hallazgos principales .....	103
5.2.1.2. Priorización .....	104
5.2.1.3. Análisis de resultados.....	105
5.2.2. 13 de octubre de 2025 .....	105
5.2.2.1. Hallazgos principales .....	105
5.2.2.2. Priorización .....	107
5.2.2.3. Análisis de resultados.....	107
5.3. Pruebas de navegabilidad .....	107
5.3.1. Cargar libro .....	107
5.3.2. Continuación de lectura .....	108
5.3.3. Asistente virtual e imágenes de personajes y escenas 360° .....	108
6. Discusión.....	110
7. Conclusión .....	112
7.1. Líneas futuras.....	113

7.2. Congreso CoNaIISI .....	113
8. Bibliografía .....	115
Anexo A: Entrevistas realizadas.....	128
Anexo B: Encuesta .....	147
Anexo C: Casos de uso.....	155
Anexo D: Costo de los servicios de Huawei Cloud .....	160
Índice de Figuras .....	161
Índice de Tablas.....	165
Congreso CoNaIISI 2025 .....	166

## 1. Introducción

La lectura de textos narrativos extensos es una práctica que fortalece el pensamiento abstracto, la empatía, la comprensión lectora profunda y el desarrollo del lenguaje. No obstante, numerosas personas enfrentan barreras que disminuyen la calidad de esta experiencia. Entre ellas se incluyen la afantasia, una condición que se distingue por la incapacidad de producir imágenes mentales, y los trastornos de déficit de atención que obstaculizan mantener el enfoque y la concentración. A esto se añade una problemática más extensa relacionada con los bajos grados de motivación para leer entre niños, adolescentes y adultos jóvenes. En este contexto, la tecnología de realidad virtual inmersiva brinda una oportunidad única para reconsiderar la forma en que se manifiesta y se experimenta la experiencia de la lectura.

Numerosos estudios han evidenciado que los individuos con afantasia suelen sentir una inmersión emocional inferior al leer, dado que presentan problemas para visualizar internamente acciones del relato (Dupont et al., 2024), escenarios o personajes, a pesar de que su interpretación literal del texto no se vea necesariamente impactada (Speed et al., 2024). Además, estudios clínicos realizados en niños con TDAH (trastorno por déficit de atención con hiperactividad) han demostrado que los ambientes virtuales envolventes pueden potenciar la atención constante, disminuir la distracción y mejorar el cumplimiento de tareas cognitivas complejas (Romero-Ayuso et al., 2021). Estos descubrimientos concuerdan con conclusiones obtenidas en entornos educativos, donde se ha demostrado que la lectura en Realidad Virtual puede potenciar la motivación, la retención de información y la comprensión lectora (Kaplan-Rakowski y Gruber, 2023). Adicionalmente, la lectura en realidad virtual potencia el entendimiento y la memoria de relatos para niños (Araiza-Alba et al., 2020).

Esta problemática ha abarcado un segmento de personas jóvenes y adultas que se encuentran con obstáculos cognitivos al leer novelas, en particular aquellos con afantasia o trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDAH). Además, incluye a lectores que, sin diagnósticos concretos, tienen problemas para mantener la concentración o generar imágenes mentales durante la lectura.

La solución descrita en este proyecto consiste en una aplicación de realidad virtual que brinda a los usuarios la oportunidad de leer novelas en un ambiente inmersivo, ajustado al género literario de cada obra. El sistema dispone de un hub de lectura donde el entorno visual se altera dependiendo de si es una historia de fantasía, ciencia ficción o policial.

Estos escenarios se enriquecen con imágenes y escenas creadas a través de inteligencia artificial, que potencian la experiencia de aquellos que tienen problemas para visualizar en sus mentes el contenido de la historia. Además, la plataforma tiene un asistente inteligente que le presenta resumen y explicación contextual, y un sistema de trazabilidad para medir la progresión en el libro que se está leyendo. De esta forma, la adición de estos recursos tecnológicos fortalece la inmersión, el entendimiento, la persistencia y el disfrute de la lectura, adaptándose a las dificultades cognitivas mencionadas anteriormente.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Promover la comprensión, el disfrute y la persistencia en la lectura de novelas en individuos con problemas de concentración y afantasia, a través de la creación de una aplicación de realidad virtual que emplee la representación inmersiva de escenarios y personajes literarios, en el marco de países hispanohablantes para el 2025.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Diseñar un “*hub*” interactivo en realidad virtual que varíe su ambientación según el género del libro seleccionado.
- Generar imágenes y videos de personajes, y escenas 360° de los escenarios principales mediante inteligencia artificial.
- Incorporar elementos visuales e interactivos que enriquezcan la inmersión en la lectura.
- Implementar un sistema de seguimiento que permita visualizar el porcentaje de lectura completado por el usuario dentro de la obra.
- Incorporar un chat inteligente que permita al lector interactuar con el contenido del libro leído hasta el punto alcanzado, evitando la revelación anticipada de eventos posteriores en la trama.
- Promover y establecer buenas prácticas en el desarrollo del proyecto, documentando aprendizajes y recomendaciones que surjan para facilitar futuros trabajos relacionados.

## **1.2. Alcance**

El presente trabajo final abarca el desarrollo de una aplicación de realidad virtual destinada a mejorar la experiencia de lectura en las personas, haciendo énfasis en aquellas con

afantasia y dificultades de atención, mediante entornos inmersivos e interactivos que acompañen la narrativa de novelas.

En este proyecto final de ingeniería se incluyen las siguientes funcionalidades:

- Creación de un “*hub*” interactivo que represente un entorno virtual donde el usuario podrá cargar y leer novelas. El ambiente del “*hub*” cambiará según el género del libro, incluyendo **únicamente** los géneros de fantasía, ciencia ficción y policial.
- Generación de imágenes y videos de personajes, y escenas 360° de los escenarios clave de la novela mediante inteligencia artificial generativa.
- Incorporación de un entorno virtual de lectura que minimice distracciones visuales y permita al usuario mantener la atención sostenida.
- Implementación de un sistema de seguimiento del progreso del lector que indique qué parte del libro ha sido leída hasta el momento.
- Incorporación de un chat inteligente basado en IA que permita al lector consultar resúmenes, explicaciones o descripciones del contenido leído hasta el punto alcanzado, sin revelar partes futuras de la historia.

El alcance del proyecto final de ingeniería **no** incluye:

- Ambientes personalizados para géneros literarios distintos a fantasía, ciencia ficción o policial.
- Integración con plataformas externas de libros electrónicos o bibliotecas virtuales.
- Funcionalidades multijugador o interacción entre usuarios dentro del entorno virtual.
- Generación automática de visualizaciones en tiempo real basadas en el texto completo del libro.
- Adaptación del sistema a múltiples idiomas (solo se desarrollará en español).
- Módulos de evaluación formal del rendimiento lector o informes automatizados de comprensión.
- Inclusión de perfiles configurables para personalizar el grado de estimulación visual, accesibilidad y preferencias lectoras.
- Desarrollo de estadísticas de uso, seguimiento de concentración y módulos de retroalimentación para usuarios y docentes.

Estas funcionalidades que están fuera del alcance podrían tenerse en cuenta para el desarrollo de releases posteriores a la finalización de este trabajo final.

## **2. Antecedentes**

En esta sección se muestran antecedentes significativos que facilitan el contexto de la problemática tratada y respaldan la elaboración de la solución. Se examinan trabajos anteriores, estudios e implementaciones tecnológicas actuales que han buscado solucionar retos similares, particularmente en lo que respecta a la lectura inmersiva, la aplicación de realidad virtual y la inteligencia artificial en procesos cognitivos y educativos. En base a los antecedentes, a continuación, se elabora el marco teórico que proporciona respaldo conceptual a la solución, incorporando visiones cognitivas y tecnológicas que evidencian su relevancia y factibilidad.

### **2.1. Marco teórico**

El marco teórico de este trabajo final se estructura en dos ejes fundamentales. Por un lado, se detallan los fundamentos cognitivos y psicológicos relacionados con la lectura, centrándose en conceptos como los modelos de situación, la metacognición, la visualización mental y retos como la afantasia o el TDAH. Además, se analizan los componentes tecnológicos que permiten el funcionamiento de la solución, como las redes neuronales profundas, la inteligencia artificial generativa y las aplicaciones envolventes en realidad virtual. En este contexto, se abordan los desafíos de lectura que respaldan la necesidad de una intervención tecnológica particular.

#### **2.1.1. Desarrollo de la problemática**

Para entender el tema abordado, en esta sección se desarrollan los conceptos fundamentales relacionados con los principales problemas seleccionados en la lectura, como la afantasia, la atención sostenida, la comprensión lectora y la metacognición. Estos principios facilitan la estimación de los retos a los que se enfrentan algunos lectores. En este contexto, se explora en primer lugar los procesos cognitivos vinculados a la comprensión lectora, como base para entender las restricciones que presentan algunos perfiles de lectores.

##### **2.1.1.1. Comprensión lectora y procesos cognitivos**

La comprensión lectora requiere la habilidad para interpretar, examinar y meditar sobre un texto, y no únicamente descifrar palabras o expresiones. Este grado de entendimiento demanda el desarrollo de varios procesos cognitivos que habilitan al lector a generar interpretaciones más allá de la información enunciada. La comprensión lectora no solo

se basa en competencias lingüísticas fundamentales, sino también en funciones ejecutivas como la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y la inhibición, que facilitan al lector la incorporación de información, la realización de inferencias y la preservación de la coherencia textual (Barber et al., 2020). Se incluyen entre los procesos mentales que participan en la lectura:

- **Atención:** es fundamental para seleccionar y mantener el enfoque en la información relevante del texto. Una atención sostenida permite al lector integrar información y seguir la coherencia del discurso (Maestre-Rodríguez y González-Roys, 2023).
- **Memoria de trabajo:** permite la retención y manipulación de la información durante la lectura, facilitando la integración de ideas y la comprensión global del texto. Además, una memoria de trabajo que sea eficiente se relaciona con una mejor comprensión lectora (Giofrè et al., 2022).
- **Inferencias:** son aquellos procesos mediante los cuales el lector deduce información implícita en el texto, conectando ideas y completando significados que no están expresamente escritos. Esta habilidad es esencial para una comprensión profunda, porque permite al lector integrar información y establecer conexiones lógicas dentro del texto (Gutiérrez-Romero et al., 2023).
- **Visualización mental:** se refiere a la habilidad de producir imágenes mentales mediante la lectura. Incrementa la vivencia, experiencia y simplifica la interpretación de descripciones y sucesos narrativos. Igualmente, la visualización mental resulta muy beneficiosa al leer textos literarios y descriptivos (Robinson et al., 2020).
- **Modelos mentales:** son estructuras cognitivas que los lectores construyen mientras leen textos representando el contenido de manera interna. Estos modelos permiten simular mentalmente la situación descrita, facilitando la interpretación, el seguimiento de la información y la toma de decisiones frente a distintos tipos de textos. Son importantes para que no solo el lector entienda las palabras, sino que logre una representación coherente y funcional del significado global. En la educación, la formación de modelos mentales adecuados es importante para tareas complejas como por ejemplo, la resolución de problemas, ya que permite al estudiante organizar los datos, inferir relaciones y anticipar posibles soluciones. Es por ello que el modelo mental es como un puente entre el texto y la acción, convirtiendo su construcción en una habilidad esencial en la comprensión lectora

significativa (Cushnir, 2016). Ciertas bases de esta información fueron obtenidas en la entrevista a Paula Cushnir en el [Anexo A](#).

- **Metacognición:** es la habilidad que tiene el lector para planificar, monitorear y evaluar su propio proceso de comprensión. Aquel que es competente es consciente de cómo está comprendiendo, pudiendo tomar decisiones estratégicas en situaciones cuando detecta dificultades. Durante la resolución de problemas, la metacognición permite identificar qué información es relevante, reformular el enunciado en palabras propias, y verificar si la solución encontrada tiene sentido con el problema que se planteó. Esta autorregulación cognitiva mejora la comprensión profunda y promueve un aprendizaje más significativo. (Cushnir, 2016). Ciertas bases de esta información fueron obtenidas en la entrevista a Paula Cushnir en el [Anexo A](#).

#### **2.1.1.2. Afantasia**

La afantasia es una condición neurocognitiva que se distingue por la incapacidad de producir imágenes mentales voluntarias. Los individuos con afantasia tienen dificultades para visualizar mentalmente objetos, escenas o caras, incluso cuando tratan de hacerlo de forma deliberada. Este fenómeno se describió por vez primera en 1880, sin embargo, el concepto de "afantasia" se originó en 2015 por Adam Zeman y su equipo en la Universidad de Exeter. Se calcula que impacta alrededor del 1-5% de la población (Zeman et al., 2025).

Hay dos tipos fundamentales de afantasia: la congénita y la adquirida. La afantasia congénita se manifiesta desde el nacimiento y puede poseer un fundamento genético, en cambio, la afantasia adquirida puede surgir tras una lesión cerebral o un suceso neurológico (Zeman et al., 2025). Sumado a la falta de imágenes visuales, algunas personas con afantasia también reportan problemas al imaginar sonidos, sabores o sensaciones táctiles, lo que indica una afectación multisensorial en ciertos casos (Dawes et al., 2020).

A su vez, hay dos subtipos de afantasia: la afantasia visual, que se refiere a una ausencia selectiva de imágenes visuales, y la afantasia multisensorial, que afecta la habilidad de crear imágenes en diversas formas sensoriales. Esto implica que la afantasia puede presentarse de diferentes maneras y que su efecto puede fluctuar dependiendo de las modalidades sensoriales impactadas (Liu et al., 2023).

La afantasia puede tener un impacto en la experiencia al leer, particularmente en la interpretación de textos narrativos que requieren de la visualización mental para crear

contextos y personajes. Las personas con afantasia sienten una reducida participación emocional e inmersión en las historias, prestando menos atención a los detalles visuales y acciones de los personajes (Speed et al., 2024).

Además, las personas con afantasia muestran una reducción en la habilidad para recordar eventos concretos de la vida cotidiana y una capacidad menor para generar detalles sensoriales visuales al recordar acontecimientos pasados. Esto decanta una relación entre la afantasia y la memoria episódica (Dawes et al., 2020). Estas personas tienen dificultades en la manipulación de información visual en la mente, lo que podría impactar en la interpretación de textos que requieren de la integración de detalles visuales complejos (Jacobs et al., 2018).

Igualmente, las personas con afantasia presentan una capacidad reducida para simular sucesos a futuro, lo que indica que la visualización mental tiene un papel esencial tanto en la rememoración de eventos pasados como en la proyección hacia el futuro (Dawes et al., 2022).

### **2.1.1.3. Trastorno por Déficit de Atención con/sin Hiperactividad (TDAH)**

El Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) es un trastorno neurológico que aparece en la niñez y puede prolongarse hasta la etapa adulta. Se distingue por señales de desatención, hiperactividad e impulsividad, que pueden presentarse en diferentes combinaciones, dando lugar a tres subtipos: predominantemente inatento, predominantemente hiperactivo-impulsivo y combinado (MedlinePlus, 2023).

Los signos de falta de concentración comprenden problemas para mantener la concentración en tareas o actividades, cometer errores debido al descuido, parecer desatender las instrucciones, no acatar las instrucciones y no concluir tareas, dificultades para ordenarlas, eludir aquellas que demandan un esfuerzo mental constante, perder objetos esenciales para las tareas y ser fácilmente distraído por estímulos no pertinentes (MedlinePlus, 2023).

Los signos de hiperactividad e impulsividad incluyen inquietudes motoras, problemas para mantenerse sentado, correr o escalar en circunstancias incorrectas, problemas para jugar o ejecutar actividades de manera serena, hablar excesivamente, responder de manera precipitada antes de finalizar una pregunta, problemas para esperar turnos e interrumpir o participar en conversaciones o juegos ajenos (MedlinePlus, 2023).

El Trastorno por Déficit de Atención con/sin Hiperactividad (TDAH) es de naturaleza multifactorial, incluyendo elementos genéticos, neurobiológicos y del entorno.

Investigaciones recientes en neuroimagen han detectado variaciones estructurales y funcionales en el cerebro de personas con TDAH, particularmente en zonas como la corteza prefrontal, los ganglios basales y el cerebelo, zonas relacionadas con la atención, la regulación de impulsos y la regulación de la actividad motora. El cerebelo también presenta cambios notables en personas con TDAH. El vermis cerebeloso ha experimentado una reducción en su tamaño, lo que podría provocar problemas en la coordinación motora y en el mantenimiento extendido (Faraone et al., 2021). Además, se ha detectado una anomalía en la conexión entre el cerebelo y otras zonas del cerebro, como la corteza prefrontal, lo cual podría influir en la integración de procesos cognitivos y emocionales (Faraone et al., 2021).

La atención sostenida, que se refiere a la habilidad de mantener la concentración en una tarea durante periodos extensos, suele estar afectada en personas con Trastorno por Déficit de Atención con/sin Hiperactividad (TDAH). Esta dificultad impacta de manera adversa en actividades que demandan un enfoque constante, como la lectura. Investigaciones recientes han evidenciado que los jóvenes con TDAH exhiben un desempeño notablemente inferior en la comprensión lectora, posiblemente debido a carencias en la atención sostenida (Segal, 2023). A su vez, se ha notado que los adultos con TDAH también enfrentan problemas parecidos, lo que indica que estos déficits se mantienen a lo largo de la vida (Segal, 2023).

La motivación para participar en actividades de lectura puede reducirse en individuos con TDAH debido a problemas en el sistema de recompensa cerebral. Estas alteraciones pueden provocar una constante búsqueda de estímulos innovadores y una rápida disminución del interés en actividades que no brindan satisfacción instantánea, como la lectura extensa. Estudios han determinado que las personas con TDAH suelen necesitar estímulos más intensos e inmediatos para sentirse motivadas, lo que repercute en su habilidad para mantener la dedicación a tareas de lectura largas (Chutko et al., 2024).

Además, se ha notado que los individuos con TDAH muestran una sensibilidad reducida a las recompensas a largo plazo, lo que complica su habilidad para mantener la motivación en actividades que demandan un esfuerzo constante sin una satisfacción instantánea. Este fenómeno, denominado aversión al retraso, puede tener un impacto considerable en actividades como la lectura, donde las ventajas se logran a largo plazo (Hupfeld et al., 2019).

Los obstáculos en la lectura también podrían estar vinculados a dificultades en las funciones ejecutivas, tales como la memoria operativa y la organización, lo que dificulta la

interpretación y el seguimiento de textos complejos. Estas falencias pueden conducir a equivocaciones en la comprensión de la información y a una reducción en la memorización del contenido leído. Se ha observado que los niños con TDAH muestran habilidades de lectura a nivel lingüístico disminuidas, probablemente debido a una atención continua insuficiente y un coeficiente intelectual inferior (Wu et al., 2024).

#### **2.1.1.4. Motivación lectora**

La motivación para leer es un elemento crucial en la formación de hábitos de lectura y en la mejora de la comprensión lectora. Diversos factores pueden influir positiva o negativamente en esta motivación. Algunos de los elementos que la potencian incluyen el interés por el contenido, la importancia del texto en la vida del lector y la percepción de habilidad en la lectura. Además, la ausencia de interés, la complejidad del texto y experiencias anteriores adversas con la lectura pueden reducir la motivación (Rodríguez et al., 2020).

La inclusión de componentes visuales, interactivos y contextuales en las tareas de lectura ha probado ser efectiva para potenciar la motivación para leer. La utilización de herramientas visuales, tales como gráficos e imágenes, simplifica la comprensión y memorización de la información, volviendo la lectura más cautivadora (Huth et al., 2024). A su vez, los instrumentos interactivos facilitan una implicación activa del lector, lo que potencia su interés y dedicación a la lectura (Calero y Calero-Pérez, 2021). Además, el contexto de la lectura, o sea, vincular el contenido con vivencias y saberes anteriores del lector, potencia la comprensión y la motivación para leer (Rodríguez et al., 2020).

#### **2.1.1.5. Lectura en contextos inmersivos**

La lectura en entornos inmersivos, como la realidad virtual (RV), brinda una experiencia potenciada al abarcar varios sentidos al mismo tiempo. Esta estimulación multisensorial puede potenciar la comprensión lectora y la memorización de información, en particular en alumnos con problemas de aprendizaje. Al incorporar componentes visuales, auditivos y táctiles, se establece un ambiente educativo más cautivador y eficaz (Schiavo et al., 2021).

Estudios recientes han investigado el impacto de la lectura en ambientes virtuales en la comprensión lectora. Una investigación evaluó la experiencia del usuario al leer en Realidad Virtual, considerando factores como la separación del texto, la medida de la fuente y el contraste. Los hallazgos señalaron que la modificación y ajuste de estos componentes puede

potenciar notablemente la facilidad de lectura y la comodidad del lector en ambientes virtuales (Kojić et al., 2020).

En contraposición, la implementación de tecnología de lectura en voz alta estimulada por la atención en ambientes de Realidad Virtual potencia la comprensión lectora en niños con problemas de lectura, al ofrecer una experiencia más interactiva y enfocada en el usuario (Schiavo et al., 2021).

Una investigación del 2024 (Kunzová et al., MUM Conference) empleó un prototipo de lectura en realidad virtual creado por los científicos para evaluar la absorción de la narrativa y la presencia en 42 individuos. Los hallazgos señalaron que la vivencia de leer narrativas en Realidad Virtual se sintió como una "simbiosis" entre el texto y los componentes visuales, y que la fantasía mental de los lectores se ajustaba al estilo visual de la escena de Realidad Virtual. Cuando el ambiente virtual enriquecía el contenido narrativo, los lectores acostumbraban a incorporar dichas imágenes en su entendimiento y disfrute del texto. En lugar de desviar la atención, una visualización contextual adecuadamente elaborada puede potenciar la inmersión sin limitar la imaginación, funcionando más como un soporte para la edificación mental del universo narrativo (Kunzová et al. 2024).

Otro estudio sobre afantasia y lectura reveló que individuos con afantasia se perciben menos inmersos en los universos de los libros y menos comprometidos emocionalmente con los personajes al leer narrativas ficticias, en contraste con lectores con visualización convencional. A pesar de que ambos grupos disfrutaron igualmente la lectura en sí, aquellos que no podían prever las escenas manifestaron que valoraron menos las descripciones de los escenarios (Speed et al., 2024).

El contraste entre la lectura convencional y en ambientes de Realidad Virtual muestra diferencias significativas en la experiencia del lector. Aunque la lectura en papel facilita una navegación más sencilla y una mayor memorización de la información, la lectura en realidad virtual proporciona una experiencia más inmersiva que puede potenciar la motivación y el compromiso del lector. No obstante, resulta crucial tener en cuenta elementos como la carga cognitiva y la eventual distracción que puede presentarse en ambientes virtuales (Kojić et al., 2020).

Además, la realidad virtual permite la personalización del aprendizaje, adaptándose a las necesidades individuales de los estudiantes. Los entornos virtuales pueden ajustarse para ofrecer diferentes niveles de dificultad y enfoques de aprendizaje personalizados,

lo que facilita la comprensión de conceptos complejos. La retroalimentación inmediata proporcionada por las simulaciones también es crucial para el proceso de aprendizaje, ya que permite a los estudiantes corregir errores y mejorar sus habilidades de manera continua (Santos Garduño y Esparza Martínez, 2023).

### **2.1.2. Desarrollo de conceptos tecnológicos**

En esta sección se presentan los conceptos tecnológicos fundamentales que sustentan la solución. Se abordan tecnologías como la realidad virtual, la inteligencia artificial generativa y otros recursos digitales que permiten diseñar una experiencia de lectura inmersiva, personalizada y adaptativa, alineados con los objetivos del proyecto. Entre las tecnologías abordadas, la Realidad Virtual ocupa un lugar central en la solución, ya que constituye el entorno donde se desarrolla la experiencia inmersiva de lectura. A continuación, se profundiza en sus características y niveles de inmersión.

#### **2.1.2.1. Realidad Virtual (RV)**

La Realidad Virtual (RV) es una tecnología interactiva que brinda al usuario la posibilidad de vivir entornos creados por computadoras como si estuviera físicamente en ellos. La inmersión se consigue a través de dispositivos como visores, sensores y controladores que registran las acciones y movimientos del usuario y los incorporan al ambiente simulado (Slater et al., 2016). Esta percepción de "presencia" es uno de los rasgos distintivos de la Realidad Virtual, pues otorga al usuario la sensación de estar verdaderamente "en" el ambiente virtual, lo que incrementa su dedicación a la experiencia (Cummings et al., 2016).

Se diferencian tres grados fundamentales de inmersión: no inmersiva, en la que la interacción se produce mediante pantallas convencionales; semi-inmersiva, con pantallas panorámicas o proyecciones envolventes; y totalmente inmersiva, en la que se emplean cascos de Realidad Virtual, audio 3D y dispositivos de seguimiento para crear una percepción de presencia total (Radianti et al., 2020). La inmersión completa resulta particularmente eficaz cuando se intenta fomentar respuestas emocionales o cognitivas profundas, tal como ocurre en contextos educativos, terapéuticos o de formación profesional (Makransky et al., 2019). Además, la calidad de la inmersión se basa en elementos como el campo visual, la fidelidad a la imagen, la latencia del sistema y la interacción háptica. Estos elementos no solo contribuyen a la credibilidad del entorno, sino que también influyen directamente en el aprendizaje y la retención del contenido presentado (Johnson et al., 2022).

Las aplicaciones educativas basadas en la Realidad Virtual posibilitan que los alumnos se relacionen con contenidos de forma práctica, intuitiva y multisensorial, lo que potencia la retención y la motivación. Por ejemplo, en la educación literaria, histórica o científica, es posible simular escenarios o conceptos abstractos complicados de concebir únicamente a través de un texto (Makransky et al., 2019).

La Realidad Virtual (RV) brinda posibilidades importantes para ajustar ambientes educativos a las demandas de alumnos con discapacidades cognitivas, sensoriales o de desarrollo. Recientes estudios han evidenciado que la Realidad Virtual puede potenciar la implicación y el compromiso de alumnos con necesidades educativas especiales, al ofrecer experiencias de aprendizaje envolventes y adaptativas (Creed et al., 2023). Además, la capacidad de la realidad virtual para ofrecer experiencias multisensoriales puede ser particularmente beneficiosa para estudiantes con discapacidades sensoriales, al permitir la integración de estímulos visuales, auditivos y táctiles que facilitan la comprensión de conceptos abstractos (Muczyński et al., 2023).

Asimismo, la realidad virtual puede ser una herramienta eficaz para estudiantes con dificultades de aprendizaje, ya que permite la repetición de actividades y la adaptación del ritmo de enseñanza según las necesidades individuales, lo que contribuye a una mayor retención de la información y al desarrollo de habilidades cognitivas (Creed et al., 2023).

Uno de los dispositivos más sobresalientes es el Meta Quest, un visor independiente que no necesita una conexión a un ordenador externo. Incorpora sensores de movimiento, controladores táctiles y una extensa variedad de aplicaciones educativas, lo que lo hace una herramienta asequible y adaptable para ambientes de aprendizaje envolventes (Childs et al., 2021).

Otro dispositivo significativo es el HTC Vive Pro, que brinda una resolución de 5K y una tasa de refresco de 120 Hz, brindando una experiencia visual de gran precisión. Su sistema de monitoreo exacto y compatibilidad con diferentes plataformas lo convierten en idóneo para aplicaciones que demandan un alto nivel de precisión (Mehrfard et al., 2019).

El Pico Neo Pro es otro visor autónomo que ha ganado popularidad en entornos profesionales y educativos. Equipado con el procesador Qualcomm Snapdragon XR2 y compatibilidad con Wi-Fi 6, ofrece un rendimiento robusto y una experiencia de usuario fluida. Su diseño ergonómico y sistema de seguimiento inside-out lo hacen adecuado para sesiones prolongadas de uso en formación y capacitación (Jagatheesaperumal et al., 2022).

**2.1.2.2. Redes Neuronales Artificiales**

Los modelos de computación conocidos como redes neuronales artificiales (ANN en inglés) se inspiran en la estructura y operación del cerebro humano (Qamar & Zardari, 2023). Estas redes se componen de dispositivos interconectados conocidos como neuronas artificiales, estructurados en varios niveles: uno de entrada, uno o varios niveles ocultos y uno de salida. Cada conexión neuronal posee un peso vinculado que se modifica en su desarrollo con el propósito de reducir el error en las estimaciones del modelo (Khan et al, 2020).

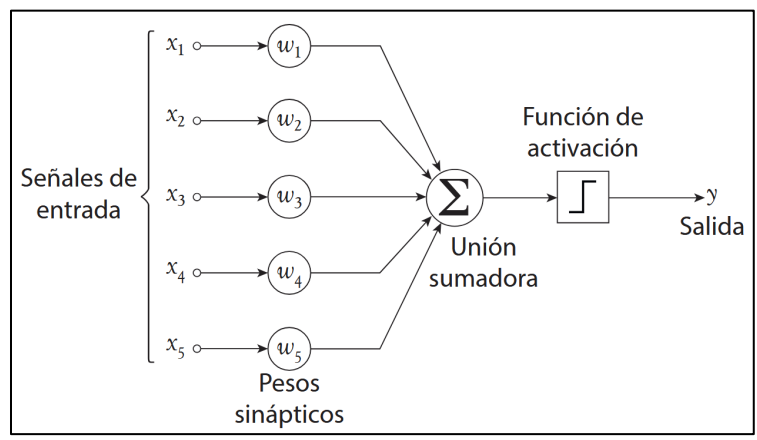


Figura 1: Neurona Artificial (Garduño et al., 2025).

Una ANN opera mediante la transmisión de señales desde la capa de entrada hasta la de salida. Cada neurona incorpora contribuciones de peso, estructuras y desempeña una función de activación no lineal para generar una salida. Este procedimiento posibilita que las redes neuronales establezcan conexiones complejas y no lineales entre los datos de entrada y salida (Alzubaidi et al., 2021).

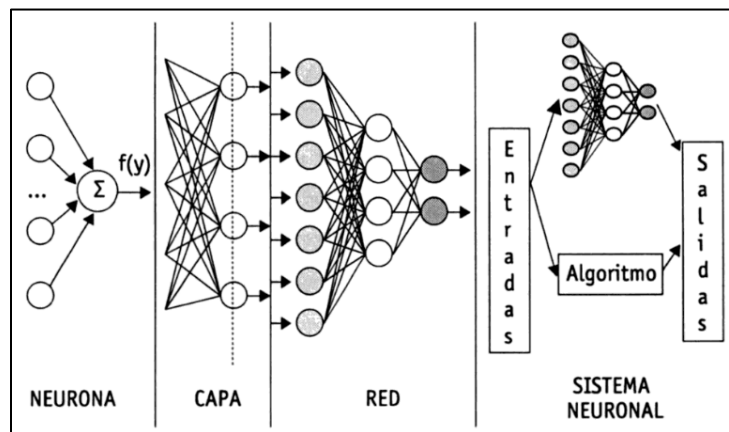


Figura 2: Estructura jerárquica (López et al., 2008).

La Figura 2 ilustra la estructura de una neurona artificial situada a la izquierda, que acoge distintas entradas de distinta ponderación, las estructura y utiliza una función de activación para producir una salida. Esta unidad interactúa con otras mediante una capa, en la que cada neurona se une a todas las de la capa subsiguiente. El conjunto de múltiples capas vinculadas forma una red neuronal, con la habilidad de aprender representaciones complejas. Finalmente, el diagrama de la derecha muestra un sistema neuronal integral, en el que las entradas son procesadas a través de la red mediante un algoritmo de entrenamiento (como la retropropagación del error) que modifica los pesos hasta que los resultados obtenidos se asemejan al resultado esperado (López et al., 2008).

En el entrenamiento, las ANN emplean algoritmos supervisados de aprendizaje, como la retropropagación del error para modificar los pesos de las conexiones. Este algoritmo determina el error entre la salida esperada y la real, y transmite este error retrocediendo a través de la red para actualizar los pesos, incrementando de esta manera la exactitud del modelo (Qamar y Zardari, 2023).

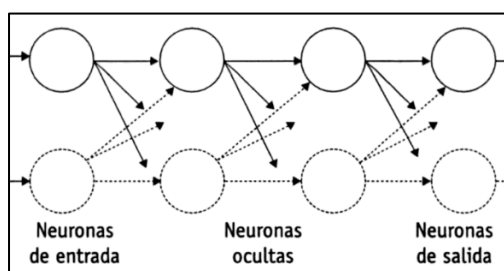


Figura 3: Tipos de neuronas artificiales (López et al., 2008).

El diseño habitual de una red neuronal artificial feedforward consta de tres categorías de capas: la de entrada, las ocultas y la de salida. Las neuronas de entrada son responsables de captar los datos preliminares del ambiente, que pueden ser gráficos, textos o señales numéricas. Después, las neuronas ocultas manejan estos datos mediante funciones de activación no lineales, lo que posibilita a la red detectar patrones complejos y comprender las conexiones internas entre las variables. Finalmente, las neuronas de salida aportan el resultado definitivo del modelo, ya sea una proyección o una categorización. Toda la información fluye en una única dirección, desde el ingreso hasta el egreso, modificando los pesos de las conexiones durante el entrenamiento para disminuir el error (López et al., 2008).

Las ANN han probado su efectividad en múltiples usos, que incluyen el reconocimiento de patrones, la gestión del lenguaje natural, la visión computacional y los

sistemas de sugerencias. Su habilidad para extraer información de los datos y emplearla en situaciones innovadoras las hace un recurso esencial en el ámbito del aprendizaje automático y la inteligencia artificial (Alzubaidi et al., 2021).

### Redes neuronales artificiales profundas

Las redes neuronales profundas (DNN) son una ampliación de las redes neuronales artificiales convencionales, que incluyen varias capas escondidas entre la entrada y la salida neuronal. Esta estructura facilita la obtención de representaciones jerárquicas de la información, adquiriendo conocimientos desde rasgos elementales hasta patrones complejos en labores como la categorización de imágenes, el reconocimiento de voz y el análisis de textos (Alzubaidi y otros, 2021).

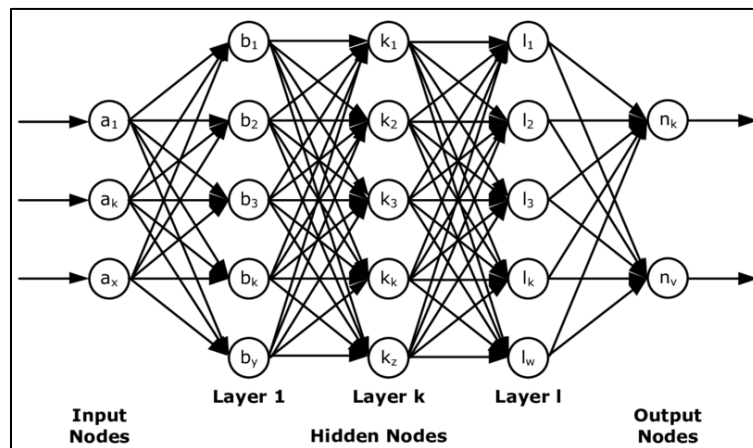


Figura 4: Modelo de redes neuronales artificiales profundas (Serrano, 2017).

El entrenamiento de DNN demanda grandes cantidades de datos y considerables recursos informáticos, a causa del gran número de parámetros. No obstante, su habilidad para generalizar y solucionar problemas complicados ha facilitado su implementación en campos como la medicina, el estudio financiero y la automatización industrial. Por ejemplo, se han empleado para anticipar enfermedades basándose en imágenes médicas e identificar fraudes en operaciones bancarias (Khan et al., 2020).

Pese a su efectividad, las redes neuronales profundas plantean retos, como el desafío de entender cómo se toman decisiones y la necesidad de prevenir el sobreajuste. Para minimizar estos inconvenientes, se han creado estrategias como el aprendizaje transferencial, la modificación de hiperparámetros y los procedimientos de regularización. Además, se están

implementando estrategias para mejorar la comprensibilidad de los modelos y permitir su uso en contextos críticos (Qamar y Zardari, 2023).

### Redes Generativas (GANs, VAEs)

Las redes generativas son una clase de modelos de aprendizaje profundo creados para generar nueva información que replica la distribución del conjunto de datos inicial. Las Redes Generativas Adversarias (GANs) y los Autoencoders Variacionales (VAEs) son dos de las más sobresalientes, evidenciando una gran eficacia en labores como la generación de imágenes, la síntesis de voz y la generación de contenido sintético (Gui et al., 2020; Girin et al., 2020).

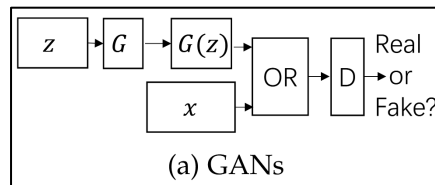


Figura 5: Representación esquemática del GAN (Gui et al., 2020).

Las GANs se componen de dos redes que se enfrentan entre ellas: un generador G que busca generar información auténtica y un discriminador D que determina si los datos producidos son verdaderos o falsos. El procedimiento inicia con una variable aleatoria  $z$ , derivada de una distribución latente (como la gaussiana), que se incorpora al generador. Este elemento convierte  $z$  en una muestra artificial  $G(z)$ , buscando replicar los datos auténticos  $x$ . El discriminador D recibe dos muestras,  $x$  (real) y  $G(z)$  (sintética). Este último recibe ambas alternativas como entrada mediante una operación OR y tiene que determinar si la muestra que analiza es verdadera o falsa. Su meta es determinar de manera adecuada si una muestra se deriva del conjunto de datos real o ha sido producida por G. Este método ha posibilitado lograr una impresionante calidad visual en la producción de imágenes y ha abarcado usos en medicina, diseño gráfico y entretenimiento (Gui et al., 2020).

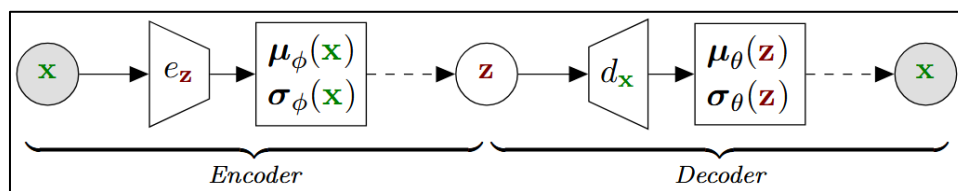


Figura 6: Representación esquemática del VAE (Girin et al., 2020).

Las líneas punteadas simbolizan un procedimiento de muestreo. Según los modelos gráficos de probabilidad, se ilustran las variables latentes mediante círculos. Cuando se conectan en serie el codificador y el decodificador, utilizar el mismo nombre de variable  $x$  tanto en la entrada como en la salida representa un exceso de notación, pero se realiza para preservar la consistencia con las ecuaciones independientes del codificador y el decodificador. Además, los VAEs adoptan un enfoque probabilístico. Sugieren una representación oculta de los datos y facilitan una generación más organizada y regulada, beneficiosa en campos donde se necesita interpretar la estructura interna de los datos, como en el estudio de series de tiempo o la síntesis de habla (Girin et al., 2020).

### **Redes Neuronales Convolucionales**

Las redes neuronales convolucionales (CNN) son arquitecturas de aprendizaje profundo que usan filtros locales (kernels) con el objeto de extraer automáticamente características jerárquicas de los datos, moviéndose por la entrada y combinando convoluciones con operaciones de “pooling” para disminuir dimensiones manteniendo la información más relevante. Las CNN han superado a métodos tradicionales en tareas de clasificación, detección y segmentación en dominios como visión por computadora y análisis de señales porque tienen una gran capacidad para aprender patrones espaciales o temporales sin intervención manual y a su alto paralelismo en GPU, (Fawaz et al., 2019).

Las redes neuronales convolucionales unidimensionales (1D CNN) amplían el concepto de filtrado local de las CNN al procesamiento de secuencias, donde los núcleos unidimensionales a lo largo de un eje se mueven lo que permite la captura de patrones locales entre muestras sucesivas. También, se combinan repetidamente capas de convolución y “pooling” y se agrupan características en múltiples escalas temporales (Kiranyaz et al., 2015).

Las CNN de dos dimensiones (2D CNN) son diseñadas para procesar datos con estructura espacial, como imágenes, aplicando filtros convolucionales de tamaño fijo que recorren las dimensiones de ancho y alto de la entrada. Es por ello que se puede capturar características locales (bordes, texturas) eficientemente. También, combinan capas de convolución con funciones de activación y operaciones de “pooling” y, de esta forma, crear jerarquías de representaciones cada vez más abstractas, lo que hace que se conviertan en herramientas de referencia para tareas de clasificación de imágenes, detección de objetos y segmentación semántica con alto rendimiento (Li et al., 2021).

Las Redes Neuronales Convolucionales 3D (3D CNNs) son una ampliación de las CNNs convencionales que funcionan con datos en tres dimensiones, facilitando la recolección al mismo tiempo de información espacial y temporal. En contraste con las CNNs 2D, que manipulan imágenes planas, las CNNs 3D emplean filtros tridimensionales para examinar grandes cantidades de datos, como secuencias de video o imágenes médicas, obteniendo atributos que toman en cuenta profundidad y movimiento (Chen et al., 2020).

Dentro del contexto de aprendizaje profundo, las CNNs en tres dimensiones utilizan núcleos tridimensionales que se deslizan por bloques de entrada, creando mapas de activación que mantienen la información contextual a través de las tres dimensiones. Esta arquitectura potencia la identificación de propiedades complejas en grupos de datos volumétricos y facilita la ejecución de labores como la clasificación, la segmentación semántica o la predicción de movimiento. La habilidad de estas redes para conservar datos estructurales tridimensionales las convierte en esenciales en usos como la reconstrucción tridimensional o la creación de escenas realistas (Ji et al., 2020).

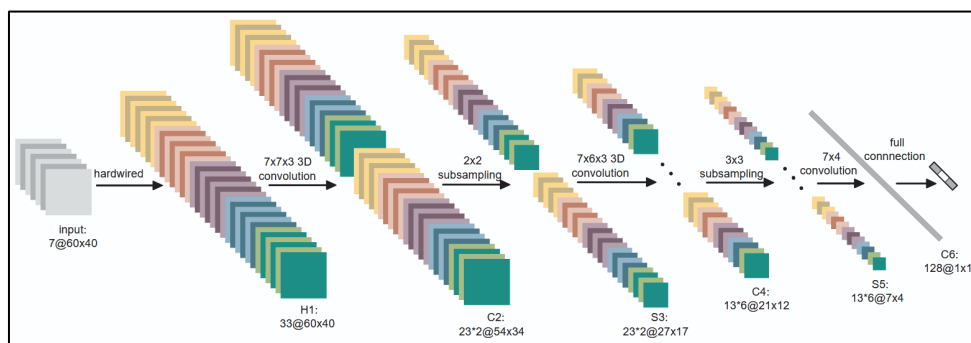


Figura 7: Arquitectura 3D CNN (Ji et al., 2020).

La estructura 3D CNN presentada en la Figura 7 ilustra un proceso de procesamiento que se inicia con una entrada formada por 7 cuadros (frames) de 60×40, en la que se implementan convoluciones 3D utilizando un núcleo de 7×7×3 sobre cada canal de manera individual. Esto produce dos grupos de mapas de características (feature maps) en la capa C2, cada uno con 23 mapas, lo que incrementa la habilidad del modelo para representar espacialmente y temporalmente. Después, en la capa S3, se utiliza un submuestreo 2×2 que disminuye la resolución espacial, pero conserva la cantidad de mapas. A continuación, otra convolución en 3D (7×6×3) produce 6 conjuntos de mapas en la capa C4, cada uno con 13 mapas de características, lo que aumenta aún más la profundidad de representación. En la capa

S5, se utiliza submuestreo  $3 \times 3$  y se disminuye significativamente la dimensión temporal, lo que conduce a implementar una convolución únicamente espacial de  $7 \times 4$ , generando mapas de salida de tamaño  $1 \times 1$  en la capa C6 (con 128 unidades). Por último, este vector de 128 dimensiones se une a una capa completamente vinculada para llevar a cabo la clasificación, empleando un clasificador lineal para determinar la acción correspondiente. Esta estructura capta patrones complejos en secuencias de video debido a sus varios niveles de convolución y disminución espacial-temporal (Ji et al., 2020).

### 2.1.2.3. Inteligencia Artificial Generativa

#### Generación de Imágenes a partir de Texto

La producción de imágenes a través de Inteligencia Artificial ha progresado notablemente debido a modelos de difusión (tipo de modelos generativos que aprenden a revertir un proceso de “ruido” progresivo aplicado a los datos, eliminando paso a paso el ruido para reconstruir imágenes realistas a partir de muestras aleatorias (Ho et al., 2020)) como Stable Diffusion, DALL·E 3 y Midjourney. Estos modelos convierten descripciones escritas en imágenes coherentes y minuciosas, empleando redes neuronales capacitadas para manejar grandes cantidades de información visual y textual. Generalmente, el procedimiento consiste en transformar el texto en un espacio latente compartido y la creación de una imagen que se asemeja a dicha representación latente (Rombach et al., 2022).

Además, métodos como DreamBooth posibilitan la personalización de modelos generativos a través de la modificación minuciosa con un grupo limitado de imágenes concretas, lo que simplifica la creación de contenido visual a medida (Ruiz et al., 2022).

El procedimiento inicia con la transformación de la información textual en una representación numérica (embedding), la cual se ubica en un espacio latente multimodal que se comparte entre texto e imagen. Posteriormente, un modelo generativo reconstruye una imagen consistente desde ese espacio latente a través de un proceso de refinamiento gradual (usualmente a través de modelos de difusión) (Saharia et al., 2022). La esencia de estos sistemas reside en las redes neuronales profundas. Estas redes adquieren conocimientos sobre jerarquías de representaciones abstractas a través de la modificación de millones de parámetros repartidos en diversas capas. En esta situación, los transformers posibilitan que el modelo entienda el contexto completo de las descripciones textuales, mientras

que las CNNs y autoencoders latentes contribuyen a la creación de detalles visuales durante el proceso iterativo (Ho et al., 2020).

Este tipo de generación no solo ofrece una forma controlada de producir contenido visual, sino que permite una personalización avanzada según estilos, detalles o interpretaciones del lenguaje natural, lo cual ha sido aprovechado ampliamente en campos como la educación, el diseño visual y el arte digital (Nichol et al., 2021).

### **Generación de Videos a partir de Texto**

La producción de videos a través de Inteligencia Artificial ha registrado progresos significativos con modelos como TiVGAN y SceneScape. Estos modelos utilizan arquitecturas de redes adversariales generativas y métodos de aprendizaje profundo para elaborar secuencias de video cohesivas basándose en descripciones textuales. El procedimiento conlleva la creación inicial de imágenes esenciales, luego la interpolación temporal para establecer una secuencia constante de cuadros que constituyen el video (Kim et al., 2020; Fridman et al., 2023).

El proceso empieza con la codificación del texto en un espacio semántico latente, donde las representaciones textuales se convierten en vectores de alta dimensión que condensan el significado contextual. Esto es muy importante para alinear conceptos lingüísticos con elementos visuales (Hong et al., 2022).

Después, se crean imágenes clave (keyframes) que representan visualmente los momentos principales del texto. Estas imágenes iniciales sirven como base para construir el video completo. Algunas soluciones usan redes neuronales generativas para esta etapa, guiadas por texto y entrenadas con datos multimodales (Zhou et al., 2022).

Luego, se hace una interpolación temporal, es decir, se crean cuadros intermedios entre los keyframes. De esta forma, se garantiza una transición suave y natural entre las imágenes, manteniendo la continuidad del movimiento y el sentido narrativo. Algunos modelos emplean técnicas de difusión latente en cascada para lograr este objetivo (Wang et al., 2023).

Los modelos modernos incorporan redes neuronales convolucionales tridimensionales (3D CNNs), que extienden el procesamiento tradicional de imágenes a la dimensión temporal, permitiendo capturar dependencias espaciales y temporales en una sola arquitectura (Ji et al., 2020).

Finalmente, se emplean mecanismos de atención cruzada espacio-temporal, que permiten al modelo enfocar dinámicamente diferentes partes del texto durante distintos segmentos del video. Este enfoque mejora la alineación semántica entre narrativa y visualización (Wang et al., 2023; Zhou et al., 2023).

### **Generación de Escenas 360° y Panorámicas**

El modelo Text2Light realiza la generación de imágenes panorámicas de alto rango dinámico (HDR) partiendo de las descripciones textuales. Este proceso se compone en dos etapas principales:

- **Generación de panoramas LDR:** Utilizando una arquitectura de doble código, se traduce el texto de entrada en una representación discreta permitiendo la síntesis de panoramas de bajo rango dinámico (LDR). Dicha etapa se basa en el modelo CLIP para mapear el texto a un espacio de características visuales, facilitando la generación de imágenes coherentes con la descripción textual (Chen et al., 2022).
- **Conversión a HDR y superresolución:** Los panoramas LDR generados se transforman en imágenes HDR de alta resolución a través de técnicas de superresolución e inversión de mapeo de tonos. De esta forma, se obtiene panoramas de calidad 4K+ adecuados para aplicaciones en realidad virtual y renderizado fotorrealista (Chen et al., 2022).

Otras herramientas como SceneDreamer360 permiten la creación de escenas 3D a partir de descripciones textuales. Sus pipelines constan de dos etapas principales:

- **Generación y procesamiento de imágenes panorámicas:** mediante un modelo adaptado de PanFusion se genera imágenes panorámicas iniciales, que después se ajustan mediante un proceso de superresolución en tres pasos, mejorando los detalles y la resolución de la imagen (Li et al., 2024).
- **Construcción de nubes de puntos con Gaussian Splatting:** A partir de las panorámicas de alta resolución, se usa el algoritmo Equirectangular to Perspective (e2p) para luego obtener múltiples imágenes de la escena desde diferentes perspectivas. Asimismo, se construyen nubes de puntos utilizando la técnica de Gaussian Splatting en 3D, permitiendo representar la escena de manera detallada y coherente en el espacio tridimensional (Li et al., 2024).

PanoDreamer usa un modelo de lenguaje grande y un pipeline de deformación y refinamiento para crear un conjunto inicial de imágenes, que luego se componen en un

panorama de 360 grados. Este panorama se eleva a 3D para conformar una nube de puntos inicial, que se expande y refina mediante la generación de imágenes adicionales desde diferentes puntos de vista, asegurando la coherencia geométrica de la escena (Xiong et al., 2025).

#### **2.1.2.4. Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN)**

Los modelos de lenguaje de alta escala, tales como GPT (Generative Pre-trained Transformer) y T5 (Text-to-Text Transfer Transformer), demostraron una habilidad excepcional para generar un resumen lógico y explicaciones detalladas a partir de textos amplios. Aplican estructuras basadas en transformers que simplifican la elaboración y producción eficiente de texto. T5 convierte todas las tareas de procesamiento del lenguaje natural en un desafío de transformar texto a texto, uniendo diversas labores como la traducción, la síntesis y la clasificación en una sola estructura que alberga texto de entrada y genera texto de salida (Raffel et al., 2020).

El fine-tuning es un método que facilita la adaptación de modelos ya entrenados a tareas concretas mediante la modificación de sus parámetros con información adicional. Dentro del marco de textos narrativos, se emplea el fine-tuning para potenciar la comprensión semántica y la creación de síntesis o explicaciones más exactas. Además, durante el fine-tuning, los embeddings semánticos, que son representaciones vectoriales de palabras o expresiones, se modifican para lograr una mejor captura de las relaciones semánticas en textos narrativos (Dodge et al., 2020).

Para prevenir spoilers en la interpretación y creación de texto, se emplean métodos como el manejo de ventanas de contexto (context windows) e instrucciones reguladas. Las ventanas de contexto establecen el volumen de texto que el modelo puede tomar en cuenta al formular una respuesta, lo que permite restringir la información a disposición y, de esta manera, eludir la exposición de detalles cruciales de la historia. De igual forma, los estímulos regulados orientan al modelo para concentrarse en elementos concretos del texto, previniendo que se incorpore información no deseada (Brown et al., 2020).

Los modelos de lenguaje de gran tamaño (LLMs) son redes neuronales basadas en la arquitectura Transformer, las cuales son entrenadas con miles de millones de tokens para aprender patrones estadísticos del lenguaje. Su funcionamiento es predominantemente como modelos autorregresivos o encoder-decoder, lo que hace que, dado un contexto, realicen

predicciones sobre la siguiente unidad de texto (token), y así poder generar textos coherentes y adaptarse a múltiples tareas de NLP con poca o ninguna modificación adicional (Brown et al., 2020; Raffel et al., 2020).

Al incrementar la cantidad de parámetros y el volumen de datos de entrenamiento, los LLMs han evidenciado habilidades emergentes, tales como el aprendizaje en cero- o pocos-disparos (zero-/few-shot learning), en el que solucionan nuevas tareas a partir de unas pocas unidades o incluso solo con la descripción de la tarea en el prompt (Wei et al., 2022).

#### **2.1.2.5. Unity**

Unity es un motor de desarrollo multiplataforma comúnmente empleada para diseñar ambientes tridimensionales interactivos, que incluyen experiencias de virtualidad. Su arquitectura modular y su sistema de codificación en C# facilitan a los programadores la creación de ambientes interactivos, dinámicos y de realidad virtual. Además, Unity ofrece herramientas específicas para realidad virtual, como el XR Interaction Toolkit, que facilita la implementación de interacciones comunes en entornos virtuales, como la manipulación de objetos y la navegación espacial (McMahan et al., 2024).

Unity puede emplearse para ampliar juegos ya existentes a plataformas de Realidad Virtual, resaltando la sencillez de adaptación y la accesibilidad de recursos para los programadores (McMahan et al., 2024). Igualmente, se ha sugerido un esquema para fusionar simulaciones basadas en agentes con ambientes de realidad virtual creados en Unity, evidenciando la adaptabilidad del motor en aplicaciones que van más allá del ámbito del entretenimiento (Drogoul et al., 2025).

Unity se ha utilizado también en entornos educativos y de simulación. Por ejemplo, juegos de realidad virtual basados en Unity han sido creados para simplificar estudios en diferentes campos, demostrando la capacidad del motor para generar experiencias de aprendizaje envolventes que pueden potenciar la comprensión de conceptos complicados (McMahan et al., 2024).

## 2.2. Estado del Arte

La lectura inmersiva en realidad virtual es un campo emergente poco desarrollado que combina la experiencia tradicional de la lectura con entornos y modelos virtuales 3D, buscando aumentar la atención y la comprensión del lector (Kunzova, 2023). En 2024 y 2025 han surgido varias aplicaciones, tanto comerciales como proyectos académicos, que exploran esta idea. A continuación, se revisan las principales soluciones de lectura en realidad virtual existentes y su clasificación por popularidad. Por otro lado, se detallan también los avances recientes en modelos generativos de lenguaje y de generación de imágenes, y cómo estas tecnologías pueden aplicarse para asistir la lectura narrativa y la estimulación cognitiva. Para concluir el apartado, se incluye además una tabla comparativa de funcionalidades, y se evidencia el aporte diferencial de la solución presentada en este Proyecto Final de Ingeniería.

### 2.2.1. Aplicaciones comercializadas de lectura inmersiva en Realidad Virtual (2024-2025)

#### Biblio (MindPlayVR, 2024)

Es una aplicación gratuita de lectura de libros y cómics en realidad virtual lanzada oficialmente en la tienda de Meta Quest. Su objetivo principal es ofrecer “*el placer de leer en realidad virtual*” (Biblio, 2024) eliminando distracciones y permitiendo leer en aislamiento y comodidad. Biblio soporta control por manos (hand tracking) permitiendo evitar la necesidad de utilizar controles tradicionales, haciendo la interacción con el entorno virtual más natural para usuarios ya habituados a leer. El usuario puede elegir entre distintos entornos virtuales básicos predefinidos para leer como, por ejemplo, un escenario bajo un cielo estrellado o una biblioteca tradicional simulada. Esta aplicación enfatiza la lectura sin interrupciones y en cualquier postura, cualidades beneficiosas para personas inquietas que buscan concentración. Biblio fue publicada en mayo de 2024 por el desarrollador independiente Dhruv Atreja (MindPlayVR) y es compatible con Quest 2, 3 y Pro. Si bien ofrece ambientación personalizable, no incorpora inteligencia artificial generativa (Ni de imágenes ni de textos) en sus funciones. Su público objetivo es amplio: entusiastas de la lectura en realidad virtual que valoran la ausencia de distracciones del mundo real y la comodidad de un entorno controlado (Biblio, 2024).

**LIVRO (Chronicbite, 2023)**

Se trata de una aplicación de lectura realidad extendida para Meta Quest. Livro busca trasladar al mundo virtual la presencia física de un libro real. Permite importar novelas, cómics o manga en formato PDF, CBZ o ZIP, y genera un libro virtual 3D personalizable que el lector puede tomar con sus manos, manipular y hojear página a página. Ofrece tanto modo de realidad virtual inmersivo, es decir, en un escenario o entorno completamente virtual, como modo de passthrough con realidad aumentada, permitiendo ver el entorno del mundo real y los elementos virtuales en simultáneo. De esta forma, el usuario puede optar por leer en un entorno virtual completo o superponer el libro virtual en su entorno real mediante la cámara del visor. Una característica interesante es la posibilidad de mostrar hasta tres libros simultáneamente en la escena, útil para comparar textos o tener referencias cruzadas entre escritos relacionados. Livro se distribuye vía App Lab (plataforma experimental de Quest), por lo que no cuenta con la masividad de la aplicación mencionada anteriormente, y se encuentra en desarrollo activo, habiendo sido lanzada una demo gratuita. Su desarrollador Chronicbite enfatiza que la aplicación aún se encuentra en una fase experimental e invita a los usuarios a reportar problemas o sugerencias. El público objetivo de Livro son lectores que deseen una experiencia tangible en realidad virtual, por ejemplo, amantes del cómic que quieran leer viñetas en tamaño ampliado, o cualquier lector que disfrute de la interacción de pasar páginas, a la vez que puedan permanecer conscientes de su entorno mediante el uso de realidad aumentada. Por otro lado, Livro no incorpora inteligencia artificial generativa; su enfoque está en una interfaz muy similar y cercana a la vida real, y la compatibilidad con libros propios del usuario (LIVRO, 2023).

**VREbook (XRev Studio, 2023)**

Es una aplicación de lectura en realidad virtual que busca “*revolucionar la forma en que experimentamos la lectura*” (VR EBook, 2023) mediante entornos virtuales temáticos. VREbook permite al usuario leer sus libros electrónicos (se integra con la biblioteca digital personal) a la vez que lo transporta a escenarios virtuales predefinidos en un catálogo. Esto permite, por ejemplo, leer una novela de misterio dentro de una mansión victoriana, o si se trata de fantasía épica, el entorno virtual podría ser un bosque encantado con criaturas míticas. El atractivo de VREbook radica en cómo convierte la lectura en una experiencia multisensorial, incrementando la inmersión y la imaginación con paisajes 3D envolventes. Su interfaz permite navegar una biblioteca de ebooks y seleccionar escenarios de un catálogo predefinido para que

el entorno complemente la historia. Esta aplicación se distribuye comercialmente a través de la plataforma itch.io (requiere compra del archivo de instalación) y fue desarrollado por XRev Studio. Sin embargo, no se plantea una integración de asistentes de texto ni generación dinámica de imágenes mediante inteligencia artificial, como se mencionó anteriormente los entornos son prediseñados y deben elegirse a mano según el texto que se esté leyendo. Está orientado a lectores entusiastas y creativos, que disfruten de un soporte visual para adentrarse más en las historias y mundos de sus libros, siendo este su principal diferenciador (VR EBook, 2023).

### **VR Cool Reader (Team Tantalizing, 2019)**

Es una de las primeras aplicaciones de lectura en realidad virtual, originalmente diseñada para visores de dispositivos móviles (Google Daydream) y posteriormente adaptada a dispositivos de estándar Quest vía SideQuest. VR Cool Reader provee una interfaz de realidad virtual al motor de lectura de código abierto CoolReader3, soportando la gestión de una biblioteca de ebooks en formato ePub y ofreciendo un entorno virtual muy básico para leerlos. En pocas palabras, presenta un visor de texto 3D donde el usuario puede cargar sus libros electrónicos y leerlos en una pantalla virtual dentro de un espacio simulado. No ofrece escenarios complejos, sino que presenta entornos simples con fondos neutros o un espacio virtual genérico para minimizar distracciones. Por otro lado, no incorpora funciones de inteligencia artificial, ya que su desarrollo fue previo al crecimiento en las capacidades de los LLMs y generadores de texto e imágenes. Un punto beneficioso para el desarrollo de este trabajo es que VR Cool Reader es de código abierto, y su última actualización que fue publicada en 2022, por lo cual podría ser usada de referencia hasta cierto punto. Actualmente se considera de relevancia histórica más que una opción competitiva, ya que su popularidad decayó con la obsolescencia de Daydream y la aparición de opciones más inmersivas. Su público original eran usuarios técnicos avanzados, que querían probar esta aplicación como experimento (VRCoolReader , 2022).

### **XR Reader (Extended Reality Books, 2023)**

Es una aplicación de lectura en realidad aumentada y realidad virtual con integración de IA avanzada, disponible en App Lab y desarrollada por la compañía Extended Reality Books LLC. XR Reader se autodenomina “*una revolucionaria aplicación de lectura AR/VR*” que permite “*zambullirse en tus libros favoritos como nunca antes*” (OculusRank,

2023). Ofrece una selección de entornos inmersivos configurables: el usuario puede elegir distintas ambientaciones virtuales para personalizar la experiencia (similar a VREbook), e incluso optar por un modo realidad aumentada en el que el contenido se integra al ambiente físico mediante el passthrough utilizando las cámaras del visor. Sin embargo, lo que diferencia a XR Reader de las aplicaciones mencionadas anteriormente es su integración con inteligencia artificial generativa. Esta aplicación toma un acercamiento diferente, permitiendo que el usuario de la aplicación pueda crear sus propias historias y narrativas mediante la definición de preferencias e instrucciones. A pesar de que los contenidos generados son en general muy simples, es una función superadora que empieza a demostrar el potencial de la combinación de estas tecnologías, generando novelas gráficas, comics, manga, entre otros. XR Reader es relativamente reciente, pero ha ganado atención por su propuesta diferenciada y ambiciosa. Su público objetivo abarca desde lectores tradicionales hasta escritores aficionados, incluyendo educadores que puedan usarlo para contenido infantil interactivo. Es una de las pocas aplicaciones que, al igual que la solución presentada en este Proyecto Final de Ingeniería, combina la realidad virtual con LLMs e imágenes generativas de forma explícita. No obstante, XR Reader se enfoca más en la creación de contenido nuevo que en el acompañamiento de novelas existentes (OculusRank, 2023).

Además de las aplicaciones anteriormente mencionadas, existen otros desarrollos relevantes. Virtual Book Viewer (2018) fue una aplicación sencilla para Oculus Go que permitía leer cómics y PDFs en realidad virtual como si se tuviera un libro de imágenes 2D flotando en el espacio (VirtualBookViewer, 2018). UpReader (2020) ofrecía soporte para leer páginas web o ePubs en cascos móviles VR, con enfoque en mantener el texto siempre a la vista al mover la cabeza (UpReader, 2020). En el ámbito académico, prototipos como Bookwander han explorado distintas formas de presentar novelas en realidad virtual, investigando la combinación de inmersión, visualización e interacción para lograr una experiencia equilibrada de lectura ficticia haciendo uso de estos visores (Kunzova, 2023). Estos trabajos experimentales recientes, así como las constantes actualizaciones que algunas de las aplicaciones mencionadas indican que la comunidad investigadora y desarrolladora está activamente buscando la mejor manera de fusionar libros y realidad virtual resolviendo desafíos de usabilidad y narrativa.

### 2.2.2. Otras aplicaciones y propuestas inmersivas

Además de las aplicaciones comerciales mencionadas, en la última media década han surgido iniciativas experimentales desde el ámbito académico, enfocadas en la lectura inmersiva, la narrativa interactiva y la accesibilidad cognitiva. A continuación, se hará mención de proyectos destacados que plantean un acercamiento diferente a la propuesta de la lectura en realidad virtual.

#### **StoryVR (2019)**

Se trata de un proyecto desarrollado por PlaySys (Italia) en colaboración con investigadores de literatura, clasificado como la primera aplicación de realidad virtual orientada a textos literarios. A diferencia de las aplicaciones tradicionales de e-reading, StoryVR optó por un enfoque centrado en audiolibros inmersivos, en los que el usuario escucha un relato o poema mientras se sumerge en un entorno virtual acorde a la atmósfera de la historia. El objetivo de este proyecto fue aumentar la absorción narrativa y la conexión del usuario con la historia, sin la interferencia de tener que pasar páginas físicamente. Estudios preliminares indicaron que la simulación corporal y los estímulos audiovisuales sincronizados con el relato en realidad virtual podrían aumentar significativamente la sensación de presencia en la historia y la emoción durante la “lectura” comparados con métodos tradicionales. StoryVR fue diseñado para Oculus Go y pensado para facilitar su adopción en bibliotecas o instituciones educativas, permitiendo subir textos o audiocuentos propios. Este proyecto demostró que la realidad virtual puede usarse para promover la lectura recreativa, transformando cuentos tradicionales simples en experiencias similares a atracciones narrativas (Pianzola y Deriu, 2021).

#### **VirtualBook Viewer (2018)**

Fue una aplicación para Oculus Go orientada a la lectura de cómics, mangas y PDFs en realidad virtual. Si bien no alcanzó gran difusión, es notable por ser de las primeras en ofrecer una biblioteca 3D donde poder interactuar con libros o comics digitalizados. VirtualBook Viewer replica la estética de un estante virtual: el usuario puede seleccionar un tomo flotante para abrirlo y avanzar página a página con controles simples. Representa una etapa inicial de las interfaces de la lectura en realidad virtual, y es una de las aplicaciones mejor valoradas del nicho. La propia investigación de StoryVR cita a VirtualBook Viewer e ImmersionVR Reader (2017) como primeros ejemplos de aplicaciones que transportaron

páginas 2D al espacio 3D sin añadir mucha interactividad adicional. Estas aplicaciones cumplieron una función de prueba de concepto, pero técnicamente estaban limitadas por la plataforma en la que fueron desplegadas (Oculus Go) (Pianzola y Deriu, 2021).

### **Aplicaciones realidad virtual para mejorar la concentración (TDAH)**

Otro campo relevante es el uso de la realidad virtual como herramienta para mantener el enfoque en tareas de lectura o estudio, especialmente útil en personas con Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) o diversos problemas de atención y concentración. Investigaciones en entornos educativos han demostrado que la utilización de un entorno inmersivo en realidad virtual y cancelación de ruido ambiente puede bloquear estímulos externos y ayudar a estudiantes con TDAH a concentrarse en la lectura o tareas escolares. En un experimento, estudiantes universitarios con TDAH utilizaron visores de realidad virtual mientras estudiaban, haciendo que el dispositivo les muestre un entorno virtual libre de distracciones (como una habitación tranquila) y se midió su nivel de atención durante este proceso. Si el alumno se dispersaba, por ejemplo, navegando a páginas web no relacionadas con la tarea a realizar, el sistema lo detectaba y emitía alertas visuales y sonoras para redirigir su atención (Shepherd, 2024). Este mecanismo en realidad virtual produjo mejoras en el tiempo de concentración similares a las de un tratamiento farmacológico leve, según reportes iniciales (Romero-Ayuso et al. 2021). Aunque este ejemplo se enfocó en tareas académicas, sus implicaciones podrían alcanzar a la lectura recreativa, ya que un “espacio de lectura” virtual podría minimizar las distracciones del ambiente (ruido, personas, etc.) que típicamente sacan de contexto a lectores con atención frágil. Por lo tanto, podría decirse que existe un reconocimiento creciente de que la realidad virtual, bien empleada, puede servir como entorno controlado para mejorar la atención sostenida, beneficiando especialmente a lectores con dificultades de concentración.

En resumen, las iniciativas de los últimos años, tanto comerciales como de investigación, reflejan un verdadero interés en potenciar la experiencia de lectura mediante la realidad virtual. Algunas apuntan a hacer la lectura más atractiva e inmersiva para el público, otras a entender científicamente cómo la realidad virtual afecta la imaginación y la presencia narrativa, y otras a facilitar la lectura a personas con necesidades específicas, principalmente de atención. Este incremento en el interés por potenciar la atención a través de ambientes

envolventes se intensifica con el progreso y popularidad de varias aplicaciones ya existentes. Debido a que su aceptación y popularidad son fundamentales para comprender la situación actual de esta tecnología vinculada a la lectura, a continuación se realiza el respectivo análisis.

### **2.2.3. Popularidad y relevancia de las aplicaciones existentes**

Las aplicaciones mencionadas difieren en madurez y adopción. Biblio, por ejemplo, al estar disponible gratuitamente en la tienda oficial de Meta Quest, ha logrado llegar a una base amplia de usuarios de realidad virtual. Aunque cuenta con relativamente pocas reseñas, su presencia en la tienda oficial la hace fácilmente accesible, y muchos entusiastas de la lectura en realidad virtual la han probado tras su lanzamiento en 2024 (Biblio, 2024). Livro, por su parte, ha ganado reconocimiento en la comunidad a través de canales alternativos, destacado en foros de realidad virtual como Reddit con gran cantidad de comentarios positivos sobre su funcionamiento con PDFs y su potencial en realidad mixta. Al ser una aplicación de App Lab en desarrollo, su alcance es más de nicho (orientado a early adopters de estas tecnologías), pero goza de buenas críticas por la novedad de interactuar con libros virtuales de forma tangible (Chronicbite 2023).

XR Reader, a pesar de ser reciente, ha generado interés gracias a sus funciones innovadoras de IA. La posibilidad de contenido generado a medida ha llamado la atención de usuarios creativos, y su descarga desde App Lab va en aumento y la empresa detrás de su desarrollo (Extended Reality Books) la promociona activamente en sitios web y redes especializadas. Es probable que XR Reader sea considerada una de las aplicaciones más relevantes en este espacio, dado que es una de las pioneras en la implementación de inteligencia artificial generativa en este nicho de mercado (XR Reader - AI Generated Graphic Novels in AR/VR, 2023).

VREbook, al comercializarse vía itch.io con un pequeño costo, se dirige a un segmento aún más reducido (usuarios dispuestos a realizar un sideload de aplicaciones no oficiales). Aun así, su propuesta de entornos temáticos ha sido resaltada en diferentes foros populares de esta comunidad, y forma parte del grupo de aplicaciones creativas que exploran la lectura inmersiva. Se puede considerar una aplicación de popularidad moderada dentro de la escena indie de realidad virtual, más conocida entre aficionados a la narrativa interactiva que entre el público general.

Por otro lado, como fue mencionado anteriormente, VR Cool Reader es ahora principalmente de interés histórico. Tuvo su pico de uso en torno a 2019 y 2020 en dispositivos de realidad virtual móvil, pero no mantuvo su relevancia con la llegada de visores autónomos más potentes como los Meta Quest. Su impacto e importancia residen en haber demostrado tempranamente la viabilidad de leer ePubs en realidad virtual, aunque sin la inmersión avanzada que ofrecen las aplicaciones modernas.

En términos de grado de popularidad, Biblio y XR Reader pueden considerarse las aplicaciones más conocidas y utilizadas en 2025 en esta área, Biblio por su fácil acceso y utilidad general, XR Reader por su carácter pionero en implementar inteligencia artificial. Livro también mantiene una relevancia considerable como favorita entre usuarios avanzados por su enfoque de realidad extendida. VREbook, si bien es menos difundida y conocida, es relevante conceptualmente en la oferta de inmersión temática y, finalmente, VR Cool Reader y otras propuestas tempranas quedan en un nivel bajo de popularidad actual. Este escenario posibilita realizar una comparación organizada entre las propuestas actuales y la respuesta obtenida en el estudio actual.

#### 2.2.4. Comparativa de aplicaciones de lectura inmersiva en realidad virtual

La siguiente tabla compara las funcionalidades de las principales aplicaciones revisadas, enfatizando el nivel de inmersión, el soporte de inteligencia artificial, el tipo de usuario objetivo, y cómo la solución detallada en este trabajo se diferencia de dichas aplicaciones.

Tabla 1: Tabla comparativa de las competencias (Elaboración propia, 2025).

Funcionalidad	Biblio (2024)	LIVRO (2023)	VREbook (2023)	XR Reader (2023)	VR Cool Reader (2019)	Livrario
Lectura de e-books en VR	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Importación de formatos (PDF/EPUB/CBZ)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Gestión de biblioteca local	X	X	✓	✓	✓	✓
Compatibilidad con estándar Meta Quest (tienda oficial)	✓	✓	X	✓	X	✓
Entornos virtuales dinámicos según el género	X	X	X	X	X	✓
Generación de texto con IA	X	X	X	✓	X	✓
Generación de imágenes con IA	X	X	X	X	X	✓
Asistente conversacional IA	X	X	X	X	X	✓

### 2.2.5. Conclusión

La revisión del estado del arte confirma que, aunque existen varias propuestas de lectura inmersiva en realidad virtual, ninguna integra de manera completa los componentes que propone esta solución. Biblio, LIVRO y VREbook abordan por separado la comodidad, la interacción física o la ambientación temática prediseñada, pero no incorporan inteligencia artificial para adaptar la experiencia al contenido ni al lector. XR Reader avanza en la combinación de VR/AR con generación de contenido, pero su foco está en crear historias nuevas, no en asistir la lectura de obras existentes ni en atender necesidades específicas. Como sintetiza el cuadro comparativo (2.2.4), ninguna alternativa combina en una sola plataforma: (a) entornos virtuales dinámicos por género, (b) IA aplicada a texto e imágenes para obras existentes, (c) asistente conversacional sin spoilers y (d) seguimiento de progreso. LIVRARIO reúne estos elementos con foco en lectores hispanohablantes y en desafíos de atención y visualización, ofreciendo una experiencia más enfocada, comprensible y disfrutable que las actuales, y marcando un diferencial claro frente al panorama vigente.

### 3. Descripción

En esta sección se detalla la solución LIVRARIO, una aplicación de realidad virtual para mejorar la experiencia en la lectura de personas con afantasia o TDAH, y se la ubica en relación con el problema identificado y las necesidades de los usuarios potenciales. La solución responde a dificultades como formar imágenes mentales, sostener la atención y retomar la obra tras interrupciones. Para ello se apoya en tres ejes complementarios que incluyen ambientes temáticos acordes al género del libro detectado automáticamente, apoyos visuales generados con inteligencia artificial a partir del texto (imágenes de personajes y escenas 360°) presentados según el progreso de lectura, y un asistente basado en inteligencia artificial que responde consultas en base a dicho progreso para evitar spoilers. Además, se retoman los hallazgos de la fase de investigación, que incluyó encuestas y entrevistas a personas con afantasia, dificultades de atención y referentes del ámbito educativo, y se describen los principios conceptuales y funcionales que guiaron el diseño de LIVRARIO.

#### 3.1. User Research

Con el propósito de validar la problemática que dispara este trabajo, así como poder tener información de primera mano de personas afectadas por la afantasia y expertos del área, se realizó un estudio a diferentes personas mediante una encuesta y entrevistas. A continuación, se presenta un resumen de los resultados de este análisis. Para ver la transcripción de las entrevistas y las preguntas realizadas en la encuesta, referirse a los [Anexos A](#) y [B](#) respectivamente.

##### 3.1.1. Encuesta

Se realizó una encuesta con el objetivo de confirmar la presencia de barreras lectoras (como afantasia, problemas de atención, falta de concentración, entre otras) en la población, y medir el interés en una posible solución tecnológica basada en realidad virtual e inteligencia artificial para mejorar la experiencia de leer novelas. Se obtuvieron 61 respuestas, de personas lectoras y no lectoras. A continuación, se analizan los puntos que se catalogaron como los más relevantes para este trabajo.

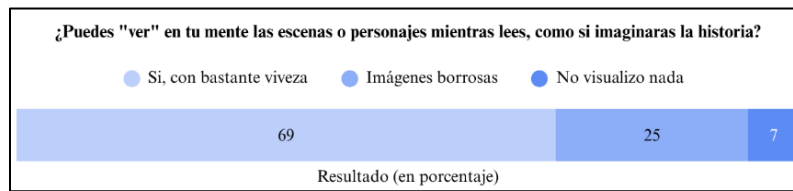


Figura 8: Gráfico de la pregunta: ¿Puedes ‘ver’ en tu mente las escenas o personajes mientras lees, como si imaginaras la historia? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

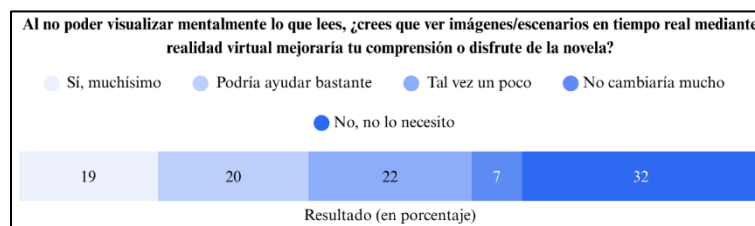


Figura 9: Gráfico de la pregunta: Al no poder visualizar mentalmente lo que lees, ¿crees que ver imágenes/escenarios en tiempo real mediante realidad virtual mejoraría tu comprensión o disfrute de la novela? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

Frente a la pregunta “¿Puedes ‘ver’ en tu mente las escenas o personajes mientras lees, como si imaginaras la historia?”, se observa que el 31% de los encuestados tienen dificultades para visualizar escenas o personajes. Esto podría indicar cierto grado de afantasia en la población encuestada, que frente a la pregunta “Al no poder visualizar mentalmente lo que lees, ¿crees que ver imágenes/escenarios en tiempo real mediante realidad virtual mejoraría tu comprensión o disfrute de la novela?” un 39% respondió que “Podría ayudar bastante” (20%) y “Sí, muchísimo” (19%), demostrando que una parte significativa de los lectores ve en la realidad virtual un recurso potencial para suplir sus dificultades de visualización mental.

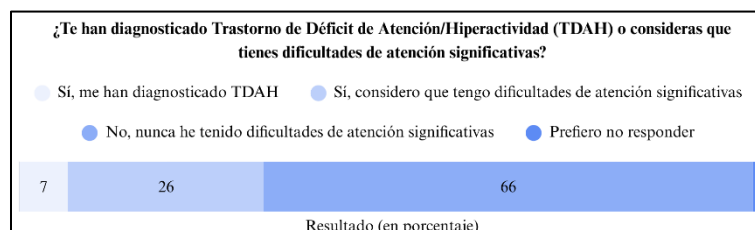


Figura 10: Gráfico de la pregunta: ¿Te han diagnosticado Trastorno de Déficit de Atención/Hiperactividad (TDAH) o consideras que tienes dificultades de atención significativas? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

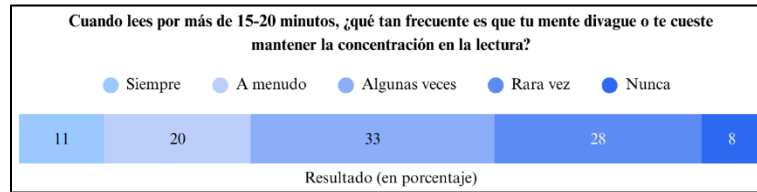


Figura 11: Gráfico de la pregunta: Cuando lees por más de 15-20 minutos, ¿qué tan frecuente es que tu mente divague o te cueste mantener la concentración en la lectura? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

Frente a la pregunta “¿Te han diagnosticado Trastorno de Déficit de Atención/Hiperactividad (TDAH) o consideras que tienes dificultades de atención significativas?”, se observa que un 33% considera tener dificultades de atención significativas, y un 7% está diagnosticado con TDAH. Además, frente a las preguntas “Cuando lees por más de 15-20 minutos, ¿qué tan frecuente es que tu mente divague o te cueste mantener la concentración en la lectura?”, “¿Con qué frecuencia algo del entorno (ruidos, notificaciones del teléfono, personas) interrumpe tu lectura y te hace perder el hilo?” y “¿Te sucede que debes releer párrafos porque te das cuenta de que no prestaste atención la primera vez?” puede observarse como consistentemente más del 30% de los encuestados mencionan ocurrencias de estos hechos a menudo o siempre. Esto permite establecer una correlación entre distracciones externas frente a la concentración en los contenidos y comprensión de los mismos. Esto podría indicar que un aislamiento sensorial podría ayudar en mantener la atención en el contenido a leer.

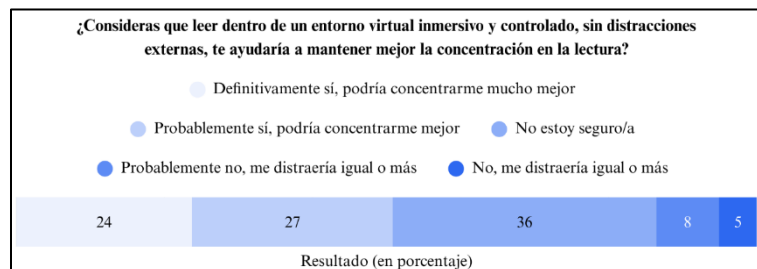


Figura 12: Gráfico de la pregunta: ¿Consideras que leer dentro de un entorno virtual inmersivo y controlado, sin distracciones externas, te ayudaría a mantener mejor la concentración en la lectura? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

Frente a la pregunta “¿Consideras que leer dentro de un entorno virtual inmersivo y controlado, sin distracciones externas, te ayudaría a mantener mejor la concentración en la lectura?”, el 51 % de los encuestados (24 % “definitivamente sí” + 27 % “probablemente sí”) considera que podría concentrarse mucho mejor. Por otro lado, en cuanto a la pregunta “Para ti, una experiencia de lectura más interactiva, con elementos visuales y sonoros, ¿haría que te enganches más en la lectura o crees que te distraería?” el 66 % de los participantes (29 % “Me mantendría más enganchado/enfocado” + 37 % “La haría más entretenida sin distraerme”) proyecta un claro refuerzo de la implicación de las personas con el texto. Estos resultados sugieren que podría existir una correlación entre el grado de inmersión sensorial y la percepción de valor de la solución. Al pasar de un entorno de realidad virtual controlado a uno que incorpora elementos visuales y sonoros, aumenta el porcentaje de lectores que detectan un beneficio: un 51 % asegura que la realidad virtual mejoraría considerablemente su concentración y un 66 % comenta que las imágenes y sonidos reforzarían su implicación con el texto.

Por último, frente a la pregunta “¿Qué tan dispuesto/a estarías a probar la lectura de una novela en un entorno de realidad virtual inmersivo?”, el 80 % de los encuestados (57 % “Muy dispuesto” + 23 % “Algo dispuesto”) está abierto a probar una solución de realidad virtual con las características planteadas, exhibiendo un posible panorama de aceptación de la solución muy prometedor.

### 3.1.2. Entrevistas

Para complementar la información recopilada mediante la encuesta, se hicieron dos entrevistas:

- **Paula Cuschnir**, licenciada en Literatura por la UBA, docente de nivel secundario y coordinadora del área de Literatura en el Colegio Marianista de Buenos Aires. Esta entrevista tuvo el objetivo de entender cómo ha evolucionado el hábito de la lectura en la etapa preadolescente durante estos últimos años, centrándose principalmente en el nivel de atención y/o distracción que presentan los alumnos del Colegio Marianista, así como sus hábitos de lectura escolar y ociosa. La entrevista duró aproximadamente 40 minutos y se condujo de manera semiestructurada para poder profundizar en los distintos aspectos según fuera fluyendo la conversación.

- **Donnie Sacristan**, persona con afantasia. Esta entrevista tuvo el objetivo de entender cómo la afantasia influye en su experiencia de lectura, explorando la ausencia de imágenes mentales y el procesamiento interno del texto, las estrategias personales y apoyos externos que emplea. Además, durante la entrevista, se consultó por su disposición a probar la solución una vez haya un prototipo disponible. La entrevista duró aproximadamente 30 minutos y también se condujo de manera semiestructurada para poder profundizar en los distintos aspectos según fuera fluyendo la conversación.

### 3.1.2.1. Entrevista a Paula Cuschnir

En la entrevista con Paula Cuschnir surgió un punto muy interesante, acerca de los modelos mentales en la lectura. Este es un proceso continuo que realizan las personas al leer, donde se accede al vocabulario y los contextos que se van presentando al leer la historia, formando un “escenario” o “estado de situación” interno, que se va actualizando a medida que transcurre el relato y la trama va avanzando. Según Paula, sin ese modelo activo, la comprensión y la conexión emocional con el texto se debilitan, lo que explica la insistencia en guiar al alumno para que revise y ajuste su representación mental capítulo a capítulo.

Por otro lado, a partir de sus observaciones en el aula, definió tres niveles de alumnos con respecto a la lectura: los *entusiastas*, que provienen de “familias lectoras” y están acostumbrados a leer libros completos e incluso complejos por placer; los *escolares*, que leen principalmente por obligación y sin interés real más que aprobar la cursada; y los no-lectores, que ni siquiera completan la lectura mínima requerida para aprobar. Además, mencionó que identificó diferencias en el modo de leer según el género y el formato. Notó una mayor participación de chicas en talleres de escritura extracurriculares y un mayor gusto por cómics o lecturas en el celular frente a la literatura impresa.

Posteriormente, señaló la participación del celular como una distracción constante tanto dentro como fuera del aula, y destacó tres dificultades comunes entre los alumnos: un vocabulario cada vez más amplio, a medida que se avanza en la carrera educativa, que detiene la lectura debido a la falta de comprensión de ciertas palabras; estructuras sintácticas complejas que modifican el orden natural de la frase al que los alumnos están acostumbrados, en textos más complejos como Don Quijote o escritos por Borges; y el reto de descifrar la metáfora o mensaje que la mayoría de estos textos contienen de manera implícita.

Para Paula, la falta de concentración es el obstáculo más común, incluso más que la afantasia. Señala que en un entorno virtual, por ejemplo un castillo ambientado según la obra, el alumno no puede utilizar el teléfono ni recibir notificaciones, lo que favorece el enfoque en el texto y minimiza distracciones externas.

Además, insistió en que la exigencia estricta de terminar un libro puede tener un efecto contrario al deseado: “*un adolescente, cuando lo obligas, lo estás desmotivando*”. Sin embargo, agregó que un pequeño empujón inicial, por ejemplo, plantearles una lectura atractiva y acompañarla en sus primeros pasos, puede romper la resistencia y, una vez que experimentan el placer de la historia, vuelven por decisión propia al texto.

Para evitar que la experiencia quede en mera observación pasiva, Paula sugirió incorporar elementos interactivos que mantengan al lector activo y comprometido con la historia que está leyendo. Algunos ejemplos planteados fueron permitir elegir entre varias descripciones de un mismo pasaje, proponer hipótesis sobre el desarrollo de la trama o intercalar breves desafíos o cuestionarios narrativos antes de avanzar. Este tipo de dinámica, más lúdica y participativa, podría ayudar a reforzar la sensación de control sobre la lectura y evitaría que el estudiante se desconecte. Este punto es sumamente interesante, debido a que, aunque no entra en el alcance de este proyecto, podría plantearse una “Versión EDU” del mismo, que tenga ciertas modificaciones dirigidas específicamente para utilizarse en el ámbito escolar o universitario.

Por último, Paula mencionó que tiene una “deuda” con la tecnología, y comentó que los soportes visuales que ya usa, como proyecciones, videos y actividades multimedia, funcionan muy bien, aunque admite que necesita profundizar más en herramientas más avanzadas. Se mostró especialmente interesada en un entorno de realidad virtual que, por un lado, aisle al lector de distracciones para favorecer una mayor concentración en el texto, que ofrezca ambientaciones según el género del libro y genere imágenes de personajes y escenas clave y, por último, incluya un asistente de lectura con resúmenes y glosarios para facilitar la comprensión de frases o palabras complejas.

### **3.1.2.2. Entrevista a Donnie Sacristan**

En la entrevista con Donnie Sacristan se mencionaron varios puntos interesantes, entre ellos, el cómo vive con la afantasia. Donnie describió cómo, al pedirle que imagine una casa, un paisaje o prácticamente cualquier imagen, todo lo que ve es un fondo en blanco o

negro, sin matices de color, textura o forma. Incluso cuando lee un libro que incluye ilustraciones o fotografías, su mente no “pinta” esas imágenes, simplemente reconoce el soporte gráfico, pero es incapaz de “generar” nuevo contenido. Esto no solo se limita a libros o textos, sino que se extiende incluso hasta sus recuerdos, mencionó que, a menos que haya pasado algo muy puntual y memorable, es incapaz de ver un recuerdo en su imaginación con detalle.

Posteriormente, mencionó que esta imposibilidad de visualización perjudica directamente su disfrute de la lectura. Donnie hizo la distinción de que los textos muy descriptivos, por ejemplo en fantasía épica o novelas de “constructores de mundos” como “El señor de los anillos”, le resultan especialmente aburridos, porque su mente “se queda en blanco” ante las largas descripciones de ambientes o ubicaciones. Por otro lado, encuentra más llevaderas y accesibles las novelas de misterio, como las de Sherlock Holmes o policiales, donde su atención se centra en resolver un rompecabezas narrativo. En estas historias no se centra tanto en imaginar y situar escenarios y personas, sino que se concentra en descifrar quién es el culpable, en seguir la lógica interna de la trama y resolver el misterio presentado. Indicó que lee de un modo más analítico, casi de “investigador”, lo cual le permite evitar parte de la frustración y aburrimiento que le generan las imágenes mentales ausentes.

De igual manera, esa carencia de visualización mental también impacta sobre su capacidad de retener el hilo narrativo y de comprender la trama. Relató que, al llegar a pasajes con abundante información visual, tiende a saltarse párrafos o a divagar, ya que se distrae con pensamientos ajenos al texto, como tareas pendientes o sonidos del entorno, y termina desconectándose de la historia. De este modo, la lectura se vuelve fragmentaria, interrumpida, y con frecuencia debe volver atrás para releer párrafos y recuperar detalles. En su experiencia, esto deteriora tanto el placer de leer como la percepción de progreso, porque siente que no avanza con fluidez ni construye una imagen coherente del relato.

Para compensar estas dificultades, Donnie desarrolló algunas estrategias propias. En primer lugar, opta por música instrumental a alto volumen que le ayude a bloquear distracciones externas, como sonidos y voces del entorno, y que le permita concentrarse más en el texto. Por otro lado, como se mencionó anteriormente, recurre a géneros donde el enfoque es lógico o argumental, como relatos policiales o de detectives misterios detectivescos, donde su mente se enfoca en resolver un enigma en lugar de intentar visualizar un entorno.

Cuando se abordó su experiencia con realidad virtual, Donnie mencionó haber probado visores en simuladores y juegos de primera persona, así como visores de realidad

virtual comerciales como el Meta Quest 2, pero contó que su sensibilidad al movimiento rápido y a los cambios bruscos de cámara le provoca cierto malestar como náuseas y mareos. Este es un dato crucial, ya que para que la solución sea lo más inclusiva y cómoda de usar, es necesario minimizar sacudidas bruscas y utilizar técnicas de movimiento que eviten generar “cinetosis” (mareo ocasionado por la incompatibilidad entre la visión de movimiento en la realidad virtual y la sensación de que el cuerpo está quieto).

Mencionó que estaba muy interesado frente a una breve descripción de la solución, de una aplicación de lectura inmersiva en realidad virtual con temática dinámica según el género, retratos automáticos de personajes, escenas 360° de momentos clave de los libros y un chatbot asistente. Destacó que al “entrar” en un cuarto virtual ambientado según la obra y contar con un apoyo interactivo para consultar definiciones o repasar capítulos y conceptos, ganaría un anclaje narrativo que hoy le es inaccesible y que, muy probablemente, se sentiría más motivado a retomar libros que hoy en día abandona por falta de conexión mental.

A manera de resumen, esta entrevista permitió validar la utilidad de la generación de imágenes con inteligencia artificial para apoyar la visualización de personajes y escenarios clave, fortaleciendo los modelos mentales de los lectores y su conexión emocional con la historia y sus personajes. Por otro lado, el aislamiento sensorial parecería permitir enfocarse mejor en los textos, mejorando la comprensión lectora y permitiendo seguir mejor las tramas y mantenerse más entretenido al leer.

### **3.1.3. Análisis de resultados**

Los resultados de la encuesta y las entrevistas permiten sacar la conclusión de que, para mucha gente, leer puede ser difícil. Esto puede deberse a la dificultad en la visualización de escenarios y personajes de las historias, así como también por la imposibilidad de mantenerse concentrado y enfocado en el texto que se está leyendo.

En la encuesta, casi un tercio de los participantes dijo que no puede “ver” escenas claras mientras lee, y más del 30 % reconoce que su atención se pierde por ruido, notificaciones o el propio divagar de la mente. Donnie en particular, que vive sin imágenes mentales, explicó que esto convierte la lectura en un proceso fragmentado, y se aburre con las descripciones largas, salta párrafos y tiene que volver atrás para entender la historia.

Por otro lado, Paula contribuyó con una mirada más académica, por qué un “espacio mental” activo es clave para comprender y sentir lo que pasa en el texto. Menciona

que disminuir distracciones como el celular ayudaría mucho a mantener la atención, y un asistente digital podría ser muy útil para entender palabras o frases complejas que escapen al vocabulario del lector.

Finalmente, uniendo ambos puntos, las funcionalidades claves son:

1. Un entorno virtual que aisle de sonidos y notificaciones, para que el lector se concentre en la historia, minimizando distracciones externas.
2. Imágenes y escenas generadas por inteligencia artificial que acompañen el texto y ayuden a formar el escenario en la mente.
3. Un asistente virtual que ofrezca definiciones de vocabulario y aclaraciones sintácticas lleve el registro del progreso de lectura y genere resúmenes o respuestas básicas sobre la trama.

Con estas tres funcionalidades, se pueden mitigar las barreras que impiden disfrutar o comprender una novela, tanto para quienes no generan imágenes mentales como para quienes se distraen con facilidad.

### **3.2. Plan de validación técnica**

En esta sección se presenta un plan de validación técnica diseñado para asegurar la viabilidad y la eficacia de la solución. A continuación, se describirán las pruebas con usuarios representativos para evaluar la experiencia de lectura inmersiva y detectar áreas de mejora. Finalmente, se recogerán métricas para cuantificar el rendimiento y la aceptación de la solución antes de su despliegue definitivo.

#### **Prototipado iterativo**

Se elaboran versiones consecutivas de la aplicación rápidamente y de forma gradual, incorporando en cada ciclo funcionalidades específicas y considerando las opiniones tanto técnicas (rendimiento, fallos) como de usabilidad (claridad, sencillez). Al presentar prototipos mínimos viables desde el inicio, se identifican y rectifican fallos de manera eficiente, tomando en cuenta las recomendaciones de los usuarios y stakeholders. De esta forma, se valida constantemente los requerimientos del proyecto, se minimizan los riesgos, se maximizan los recursos y se garantiza que el producto final se ajuste a las verdaderas necesidades.

### **Pruebas con usuarios**

Las pruebas con usuarios implican la participación directa de lectores representativos en la interacción con versiones preliminares de la aplicación en un ambiente regulado, mientras se miden indicadores como nivel de inmersión en el ambiente temático, facilidad de uso de la aplicación y satisfacción del usuario. Mediante cuestionarios y entrevistas breves, se recoge retroalimentación cualitativa acerca de estas cuestiones para realizar cambios en base al feedback obtenido.

### **Métricas de usabilidad**

Las métricas de usabilidad se enfocan en medir de manera objetiva y estandarizada la interacción de los usuarios con la aplicación, evaluando indicadores como el tiempo medio requerido para completar acciones dentro de la aplicación, como cargar un libro, retomar lectura, etc. También, se le hacen preguntas al usuario para saber la percepción personal de la facilidad de uso y la satisfacción general. El seguimiento de las mismas permite identificar cuellos de botella, ajustar elementos de diseño y verificar que las mejoras introducidas realmente elevan la calidad de la experiencia de lectura inmersiva.

## **3.3. Análisis funcional y requisitos**

Esta sección presenta el análisis funcional de LIVRARIO para alinear el diseño con necesidades reales de uso. Se modelan casos de uso que capturan las interacciones clave entre el lector y el sistema; se establecen requerimientos funcionales y se definen requerimientos no funcionales que fijan criterios de calidad transversales.

### **3.3.1. Casos de uso**

A continuación, se presentan los casos de uso principales de este trabajo a través del diagrama correspondiente. En el [Anexo C](#), se encuentra detallado cada uno de ellos.

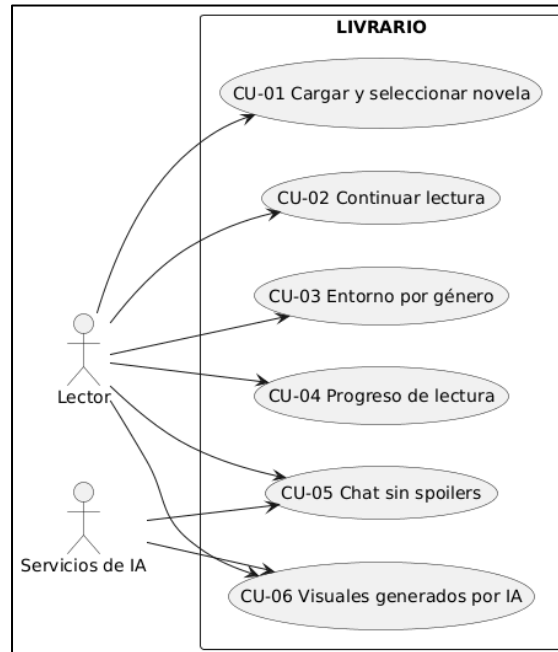


Figura 13: Diagrama de casos de uso (Gráfico de elaboración propia, 2025)

Nº	Nombre	Descripción
CU-01	Cargar y seleccionar novela (memoria del dispositivo)	Importa un libro en pdf desde la memoria del Meta Quest.
CU-02	Continuar lectura	Retoma la lectura en la última posición guardada.
CU-03	Entorno por género	Aplica/ajusta la ambientación VR según el género de la novela (fantasía, ciencia ficción, policial).
CU-04	Progreso de lectura	Guarda/recupera posición en el libro, porcentaje, muestra resumen de avance.
CU-05	Chat sin spoilers	Responde consultas sobre contenido ya leído sin spoilers futuros, personajes, etc.
CU-06	Visuales generadas por IA	Genera y muestra imágenes/escenas 360° coherentes con lo leído.

### 3.3.2. Requerimientos funcionales

A partir de los casos de uso principales del proyecto, a continuación, se especifican los requerimientos funcionales pertinentes.

RF01: El sistema debe importar archivos PDF desde el almacenamiento local del dispositivo.

RF02: El sistema debe validar que el archivo seleccionado sea un PDF compatible y rechazar formatos no soportados.

RF03: El sistema debe solicitar y gestionar los permisos de acceso a almacenamiento cuando sea necesario.

RF04: El sistema debe extraer metadatos y obtener una portada a partir de la primera página del PDF.

RF05: El sistema debe indexar el contenido del PDF para navegación y seguimiento de progreso.

RF06: El sistema debe registrar el libro en la biblioteca y mostrar portada y estado.

RF07: El sistema debe abrir el libro en la sala de lectura al confirmar la acción de leer.

RF08: El sistema debe localizar el progreso guardado del libro seleccionado.

RF09: El sistema debe restaurar capítulo y posición previamente guardadas.

RF10: El sistema debe ofrecer iniciar desde el comienzo cuando no exista progreso previo.

RF11: El sistema debe detectar el género de la novela o permitir su selección manual.

RF12: El sistema debe cargar el entorno visual correspondiente al género elegido.

RF13: El sistema debe permitir cambiar el género durante la sesión.

RF14: El sistema debe guardar automáticamente la posición de lectura de forma periódica.

RF15: El sistema debe actualizar y almacenar métricas de avance como porcentaje leído.

RF16: El sistema debe delimitar el contexto del chat al contenido leído hasta la última posición.

RF17: El sistema debe responder consultas del usuario sin revelar la trama futura.

RF18: El sistema debe bloquear respuestas que contengan posibles spoilers e informar al lector.

RF19: El sistema debe construir prompts para generación de imágenes usando únicamente texto cercano a lo leído.

RF20: El sistema debe solicitar la generación de activos visuales al servicio de IA.

RF21: El sistema debe etiquetar los activos como “generados por IA”.

RF22: El sistema debe bloquear activos que impliquen spoilers antes de incorporarlos.

RF23: El sistema debe guardar metadatos de los activos para su reutilización y ajustes posteriores.

### 3.3.3. Requerimientos no funcionales

A continuación se detallan los requerimientos no funcionales relacionados con los casos de uso definidos.

RNF01: El sistema debe mantener al menos sesenta cuadros por segundo durante la lectura.

RNF02: El sistema debe abrir un libro desde el hub en un tiempo menor o igual a tres segundos.

RNF03: El sistema debe importar archivos PDF de hasta cincuenta megabytes en un tiempo menor o igual a tres segundos.

RNF04: El sistema debe cambiar el entorno por género en un tiempo menor o igual a tres segundos.

RNF05: El sistema debe responder consultas del chat con una latencia menor o igual a tres segundos.

RNF06: El sistema debe garantizar la legibilidad del panel de lectura bajo cualquier entorno o ajuste.

RNF07: El sistema debe persistir el progreso mediante guardados.

RNF08: El sistema debe recuperar la última posición válida tras cierres inesperados o fallos.

RNF09: El sistema debe prevenir entradas parciales en la biblioteca si falla la importación.

RNF10: El sistema debe ejecutarse en el visor objetivo de forma independiente, sin requerir conexión a una computadora externa.

RNF11: El sistema debe soportar archivos PDF estándar y manejar errores comunes de forma comprensible para el usuario.

RNF12: Los activos como generados por IA deben tener una marca de agua que los identifique.

RNF13: El sistema debe filtrar contenidos que impliquen spoilers antes de su integración visual.

RNF14: El sistema debe presentar la interfaz en español por defecto.

### **3.4. Solución**

En este apartado se presenta la solución y su materialización técnica. En primer lugar, se enumeran y justifican las tecnologías utilizadas; posteriormente se describe la arquitectura conceptual que estructura módulos, datos e interacciones y, a partir de esto, la arquitectura de despliegue en la nube que concreta servicios, redes y almacenamiento. Luego se recorre el flujo de usuario, desde la carga del libro hasta la lectura asistida y la generación visual, para mostrar cómo las decisiones de diseño satisfacen los casos de uso y los requisitos definidos. Finalmente, se documenta la interfaz de usuario con capturas obtenidas desde Unity y desde el Meta Quest.

#### **3.4.1. Tecnologías utilizadas**

En la siguiente sección se detallan diferentes tecnologías utilizadas para la realización de este trabajo. Asimismo, se explica su función dentro de la arquitectura y se justifica su elección en relación con los requisitos y objetivos del proyecto.

#### 3.4.1.1. Meta Quest

Meta Quest es una plataforma de realidad virtual autónoma que ejecuta aplicaciones sobre Android y cuenta con runtime OpenXR. Esto permite compilar desde Unity (URP + OpenXR, IL2CPP ARM64) y desplegar la aplicación como APK directamente en el visor, sin requerir una computadora conectada durante la ejecución. También dispone de almacenamiento local, que se aprovecha para importar y gestionar archivos PDF dentro de la aplicación.

En este proyecto final se utilizan Meta Quest 3 y Meta Quest 3S como dispositivos de ejecución y prueba. La elección garantiza portabilidad, disponibilidad en el mercado y un entorno técnico coherente con los requisitos definidos. La aplicación aprovecha el almacenamiento local para importar archivos PDF, el seguimiento posicional para una lectura cómoda en diferentes posturas y la compatibilidad con OpenXR para gestionar entradas y renderizado de manera uniforme en ambos modelos, asegurando una experiencia fluida y consistente.

#### 3.4.1.2. Unity

Unity es un motor de desarrollo en tiempo real con editor visual y scripting en C# que permite crear aplicaciones interactivas y experiencias de realidad virtual multiplataforma. Ofrece un pipeline de compilación para Android, el Universal Render Pipeline para optimizar el renderizado en visores standalone, y herramientas de diagnóstico como Profiler y Frame Debugger. Su soporte nativo de OpenXR y el XR Interaction Toolkit proporcionan un modelo de entradas y acciones unificado, rig de cámara para VR, locomoción con teleport y giro a pasos, componentes de interacción en 3D y compatibilidad con controladores y hand tracking a través del runtime OpenXR.

En este proyecto final se utiliza Unity con OpenXR para desplegar la aplicación en visores Meta Quest sin depender de SDKs propietarios, priorizando portabilidad y mantenimiento a largo plazo. Con Unity se implementa el hub de obras y las escenas temáticas por género, la interfaz de lectura en espacio de mundo con TextMeshPro para maximizar nitidez, y los controles de confort e inmersión mediante el XR Interaction Toolkit. La importación de PDFs y la gestión de activos 2D y 360 se resuelven con cargas asíncronas y Addressables para sostener tiempos de respuesta y uso de memoria adecuados, mientras que las

optimizaciones de rendimiento de URP, LOD y batching contribuyen al objetivo de 60 cuadros por segundo promedio y a una experiencia de lectura fluida y cómoda en el dispositivo objetivo.

#### 3.4.1.3. C#

C# es un lenguaje de programación moderno, tipado estáticamente y orientado a objetos que se ejecuta sobre el ecosistema .NET y, en el caso de Unity, compila a IL2CPP para dispositivos Android standalone como Meta Quest. Ofrece un conjunto maduro de características útiles para aplicaciones interactivas: generics, LINQ, expresiones lambda, asincronía con `async` y `await`, y un recolector de basura que simplifica la gestión de memoria. En Unity, C# actúa como capa de lógica de juego y de aplicación, con acceso directo a la API del motor, a corrutinas para flujos no bloqueantes y a bibliotecas comunes para E/S, serialización y redes, lo que acelera el desarrollo y mejora la mantenibilidad.

En este proyecto final se utiliza C# para implementar la lógica central de lectura, la importación y validación de archivos PDF, el progreso, el control del ciclo de vida de escenas temáticas por género y la interacción con el asistente de lectura. También se emplea para integrar OpenXR, orquestar llamadas a servicios externos de IA y administrar cargas asíncronas de recursos 2D y 360 con manejo de errores y retroalimentación al usuario.

#### 3.4.1.4. Python

Python se utilizó como base de los servicios del proyecto por su legibilidad, el soporte de tipado estático y asincronía, y un ecosistema maduro para desarrollo de APIs HTTP y manejo de datos. Su curva de aprendizaje y la amplia disponibilidad de librerías permitieron iterar con rapidez desde prototipos hasta servicios contenedorizados.

En este PFI, Python soporta la gestión de usuarios, la exposición de APIs para ingesta y consultas, la persistencia relacional, el almacenamiento de objetos en Huawei Cloud OBS y la integración con APIs externas de libros. Además, se emplea para el procesamiento de imágenes (portadas de libros) y para coordinar flujos que interactúan con la capa de IA y la mensajería asíncrona.

Las librerías Python utilizadas se describen a continuación:

- **Django:** Framework web de alto nivel utilizado para desarrollar aplicaciones completas. Ofrece ORM, sistema de migrations, panel de administración, plantillas, autenticación y middleware, promoviendo buenas prácticas y escalabilidad. Útil cuando se requiere un stack integral para sitios o APIs con componentes de negocio más complejos.

- **FastAPI** (incluye CORSMiddleware): Framework web ASGI para construir APIs rápidas y tipadas. Facilita la definición de endpoints y esquemas, la validación automática de datos y la generación de documentación interactiva (OpenAPI/Swagger). Su middleware de CORS permite controlar de forma simple el acceso desde aplicaciones front-end.
- **Requests**: Biblioteca HTTP de alto nivel para realizar llamados a APIs y servicios web. Permite gestionar parámetros, encabezados, autenticación, timeouts y sesiones persistentes, además de simplificar el manejo de respuestas JSON y el control de errores de red.
- **Pillow (PIL)**: Librería de procesamiento de imágenes. Permite abrir, convertir y transformar archivos (PNG, JPEG, WEBP, etc.), tratar transparencias y optimizar pesos, lo que resulta útil para generar portadas o thumbnails listos para distribuir o almacenar.
- **psycopg (PostgreSQL)**: Driver nativo para conectarse a bases de datos PostgreSQL. Provee manejo eficiente de conexiones y transacciones, ejecución de consultas parametrizadas y compatibilidad con características modernas de SQL para persistencia fiable.
- **Huawei Cloud OBS SDK**: SDK oficial para interactuar con Object Storage Service (OBS) de Huawei Cloud. Permite crear y administrar buckets, subir y descargar objetos, configurar metadatos y content-type, usar multipart upload para archivos grandes y manejar credenciales/firmas de forma segura.
- **Uvicorn**: Servidor ASGI de alto rendimiento para ejecutar aplicaciones basadas en FastAPI. Ofrece hot reload en desarrollo, soporte para HTTP/1.1 y WebSockets, y puede usarse en producción por su baja latencia y consumo eficiente, aunque se utilizó para desarrollo local únicamente.

#### 3.4.1.5. PostgreSQL y PGVector

PostgreSQL es un motor de base de datos relacional de código abierto con cumplimiento ACID, soporte avanzado de SQL/JSONB y un ecosistema de extensiones maduro. En este proyecto, PostgreSQL se utiliza como “almacén transaccional” principal para las entidades de la solución y como base para la recuperación semántica, evitando separar la capa operacional de la capa de búsqueda y simplificando la operación y el gobierno de datos.

Para habilitar la vectorización y la búsqueda por similitud, se incorporó la extensión pgvector, que introduce el tipo “vector” y operadores/métricas necesarias para realizar recuperaciones semánticas (coseno, producto interno, L2). Los embeddings se

almacenan junto con su metadato y se consultan mediante búsquedas top-k, siendo posible aplicar reranking antes de la síntesis de respuesta, implementando así el patrón RAG en un único motor. La dimensionalidad de los vectores soportados por la base se alinean con el modelo de embeddings seleccionado, por lo que la compatibilidad entre las herramientas seleccionadas es total.

El despliegue se realizó en Huawei Cloud RDS for PostgreSQL, obteniendo alta disponibilidad, copias de seguridad automáticas y monitoreo gestionado dentro de una red privada.

#### 3.4.1.6. Ollama

Ollama es una plataforma de código abierto para la ejecución local de modelos LLM y similares a través de una API HTTP unificada. Este enfoque elimina la dependencia de servicios externos (p. ej., OpenAI, Google, Microsoft), favoreciendo la previsibilidad de costos y la reducción de latencias, al tiempo que permite un mejor control sobre el ciclo de vida de los modelos y su observabilidad.

En el presente proyecto se adoptó Ollama debido a la necesidad de orquestar múltiples tareas de IA generativa con requisitos muy diferentes entre sí: generación de prompts y extracción estructurada de información (p. ej., entidades como personajes y lugares), búsqueda semántica mediante embeddings, chat de preguntas y respuestas (Q&A) y reranking de resultados. La plataforma permite intercambiar modelos especializados por tarea con cambios mínimos en el código, lo que facilita iterar entre alternativas en función de métricas operativas y de calidad. El despliegue en una red privada facilita, además, un monitoreo más específico, y la aplicación de políticas de seguridad consistentes con los lineamientos del proyecto.

Para la implementación de esta solución, se utilizaron principalmente los siguientes modelos:

- **bge-m3**: modelo de embeddings multilingüe utilizado para indexar y consultar contenidos. Se seleccionó por su buena relación calidad-rendimiento y por su compatibilidad dimensional con la configuración de pgVector empleada en la base de datos vectorial.
- **bge-reranker-v2-m3**: reranker tipo cross-encoder para reordenar el top-k inicial y mejorar la precisión y calidad de las respuestas en consultas semánticas.

- **DeepSeek-R1:** modelo orientado a razonamiento avanzado (deep thinking), aplicado a tareas complejas como la extracción estructurada de atributos de personajes y lugares, y la síntesis de descripciones y prompts de alta calidad para los modelos de generación de imágenes.
- **Llama 3.2:** modelo liviano para la interacción conversacional con bajo tiempo de respuesta; combinado con el contexto recuperado vía embeddings, ofrece un equilibrio adecuado entre latencia y cobertura para la mayoría de las consultas del usuario.

#### 3.4.1.7. Retrieval Augmented Generation (RAG)

La técnica RAG combina recuperación de información para la generación mejorada de un modelo de lenguaje LLM. En una primera fase, el sistema indexa las fuentes (fragmentación en chunks del contenido y creación de embeddings) y, ante una consulta, recupera los fragmentos más relevantes mediante búsqueda por similitud, y en este caso también se aplica reranking para refinar el top-k. En una segunda fase, el LLM genera la respuesta basada en ese contexto recuperado, lo que reduce alucinaciones, mejora la precisión y preserva la trazabilidad del contenido utilizado.

En este PFI, la técnica de RAG se emplea para aportar contexto de los libros cargados por el usuario a las diferentes funcionalidades: chatbot de asistencia, extracción de características de entornos y personajes, y redacción de prompts para su generación visual. Los embeddings se obtienen con bge-m3 y se almacenan en pgvector sobre PostgreSQL; la recuperación usa similitud coseno y se refina con bge-reranker-v2-m3 antes de construir el prompt final. Para la generación se combinan modelos según tarea: Llama 3.2 para interacción conversacional de baja latencia y DeepSeek-R1 para análisis semántico más profundo (p. ej., extracción estructurada). Este flujo mantiene respuestas fieles a la fuente y permite auditar el origen de cada fragmento utilizado.

#### 3.4.1.8. RabbitMQ

RabbitMQ es un message broker que implementa AMQP 0-9-1, que permite procesar tareas de forma asíncrona y desacoplar los componentes de una solución. En lugar de ejecutar todo en línea con la interacción del usuario, las tareas se envían a colas y se resuelven en segundo plano por workers dedicados. Esto ayuda a absorber picos de carga, reducir latencias percibidas y mantener la aplicación estable.

En este trabajo, se empleó RabbitMQ para orquestar tareas demandantes de cómputo asociadas a la generación de contenidos visuales a partir de libros cargados por usuarios, evitando congestionar los servicios síncronos. Se definieron dos colas especializadas definidas “GPU” y “CPU”:

- **Cola GPU:** Se encarga de tareas demandantes, que consuman modelos de inteligencia artificial, como la generación de embeddings, descripciones y prompts (razonamiento y extracción semántica) ejecutadas sobre aceleración.
- **Cola CPU:** uso de las descripciones anteriormente mencionadas para invocar APIs externas de generación de imágenes, post-procesar resultados y persistir metadatos.

#### 3.4.1.9. Dify

Dify es una plataforma low-code para componer aplicaciones y workflows con modelos de lenguaje, integrando en un mismo entorno el diseño de prompts, el manejo de conocimiento, la orquestación de pasos, y la observabilidad básica de cada ejecución. Su uso facilita ciclos rápidos de iteración y un control ordenado de versiones y configuraciones, reduciendo complejidad en el backend.

En este PFI se emplea Dify para el chatbot de asistencia, que accede al contenido vectorizado de los libros cargados por el usuario y recupera fragmentos relevantes como contexto antes de responder. Además, Dify orquesta la generación de descripciones y prompts de personajes y escenarios: realiza el retrieval de datos pertinentes y encadena los pasos necesarios para producir salidas consistentes que luego consumen los módulos de generación visual. Con ello se estandariza el flujo y se disminuye la dependencia de lógica específica distribuida en distintos servicios, evitando y minimizando problemas y errores.

#### 3.4.1.10. Docker

Docker es una plataforma de código abierto que automatiza la implementación, el escalado y la administración de aplicaciones mediante contenedores, empaquetando aplicaciones y sus dependencias en imágenes inmutables y ejecutables de forma aislada llamadas contenedores. Este enfoque mejora la reproducibilidad, reduce las discrepancias entre entornos (desarrollo, prueba y producción) y favorece la portabilidad en arquitecturas de microservicios.

En este PFI, todos los módulos desarrollados (gestión de usuarios, ingesta de contenido, Dify y servicios asociados, entre otros) fueron contenedorizados para habilitar

escalamiento dinámico y despliegues consistentes. Las imágenes resultantes se publican en Huawei Cloud SWR (registro privado) con versionado y trazabilidad, y se despliegan en Huawei Cloud CCE (Kubernetes gestionado), lo que habilita rolling updates, balanceo de carga y asignación de recursos acorde a la demanda.

#### **3.4.1.11. Kubernetes**

Kubernetes es una plataforma de orquestación de contenedores que automatiza el despliegue, escalado, recuperación ante fallos y la actualización continua de aplicaciones empaquetadas en contenedores. Provee primitivas como Deployments, Services e Ingress, junto con programación de pods, gestión de configuración (ConfigMaps, Secrets) y control de recursos (requests/limits), garantizando ejecuciones consistentes y portables.

En este PFI se utilizó Huawei Cloud CCE (Kubernetes gestionado) para desplegar las imágenes Docker mencionadas en el punto anterior. Cada servicio se publica mediante Deployments y Services, con rolling updates y auto escalamiento horizontal (HPA) según métricas.

La operación se complementa con observabilidad (métricas y logs centralizados) y políticas de red para aislar tráfico entre microservicios. Este enfoque permite escalabilidad elástica, despliegues confiables y un uso eficiente de la infraestructura.

#### **3.4.1.12. Huawei Cloud**

Huawei Cloud es una plataforma de nube pública que ofrece un portafolio amplio de servicios gestionados de cómputo, almacenamiento, redes, bases de datos, seguridad, IA y observabilidad, con cobertura global y capacidades de alta disponibilidad entre zonas. Su enfoque en servicios administrados y en la estandarización del despliegue permite reducir la carga operativa, mejorar la confiabilidad y escalar de forma elástica conforme a la demanda.

En este PFI, toda la infraestructura se desplegó en Huawei Cloud, específicamente en la región LA-south-2 (Santiago de Chile), priorizando baja latencia, alta disponibilidad (múltiples zonas de disponibilidad) y la utilización de servicios gestionados para reducir la carga operativa.

La solución combina diferentes servicios, como CCE (Kubernetes gestionado) para orquestar microservicios, SWR para el manejo de imágenes de Docker (registro privado), RDS for PostgreSQL como base de datos gestionada, OBS para almacenamiento de objetos (p.

ej., portadas, PDFs y assets), entre otros. Para un listado completo de servicios y la arquitectura de despliegue utilizada, referirse al apartado Arquitectura de despliegue cloud.

#### **3.4.1.13. Git y Git LFS**

En este proyecto final se utiliza Git como sistema de control de versiones distribuido para gestionar el código fuente y los artefactos textuales del repositorio. Git permite trabajar con ramas de desarrollo y de funcionalidades, integrar cambios mediante revisiones y solicitudes de fusión, etiquetar versiones para los hitos del proyecto y mantener trazabilidad completa de cada modificación con su autoría y justificación. La configuración incluye reglas de exclusión específicas para Unity, el uso de serialización en texto para escenas y prefabs a fin de facilitar merges, y la generación de versiones reproducibles que habilitan rollback ante fallos. Esta práctica reduce riesgos en la evolución del software, mejora la colaboración y sirve como evidencia verificable del progreso técnico del proyecto.

Se incorpora Git Large File Storage (LFS, “almacenamiento de archivos grandes”) como extensión de Git para versionar de manera eficiente archivos binarios de gran tamaño tales como los recursos voluminosos vinculados a la experiencia inmersiva. Git LFS almacena en el repositorio punteros ligeros y mantiene los binarios en un almacenamiento especializado, lo que evita el crecimiento descontrolado del historial, agiliza los clonado y fetch, y mejora los tiempos de integración continua. La configuración mediante gitattributes define qué tipos de archivos quedan bajo LFS y habilita flujos de trabajo de bloqueo cuando es necesario editar un recurso en exclusividad, preservando la consistencia del proyecto y la performance del repositorio.

#### **3.4.2. Arquitectura conceptual**

La Figura 14 resume la arquitectura de LIVRARIO: la aplicación de realidad virtual (desarrollada en Unity) constituye el único frontend; el acceso se gestiona en un módulo de autenticación (Django + PostgreSQL); la orquestación y los microservicios (FastAPI) cubren ingesta de libros, generación de contenidos y chatbot con RAG; el servicio LLM/embeddings corre en Ollama y se desacopla mediante colas de procesamiento en CPU y GPU; las imágenes y escenas 360° se generan vía APIs externas (Pollinations y SkyboxAI) y se almacenan en almacenamiento de objetos (object storage), mientras que los metadatos y vectores se guardan en PostgreSQL + pgvector.

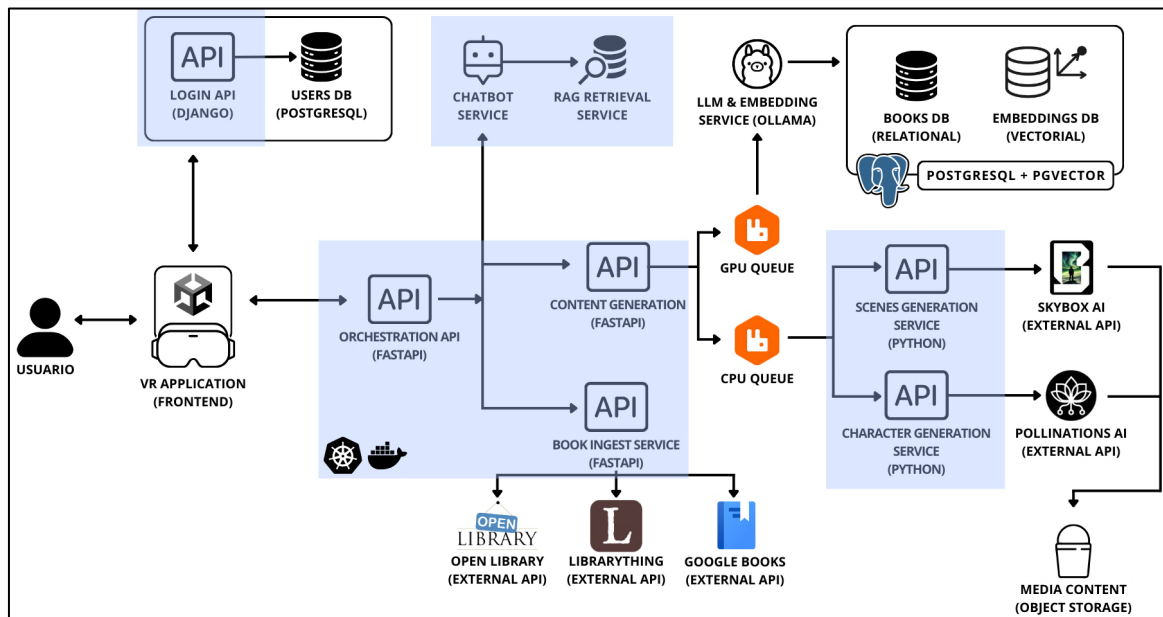


Figura 14: Arquitectura conceptual de Livrario (Gráfico de elaboración propia, 2025).

La solución se fundamenta en una arquitectura de microservicios, en su mayoría implementados en Python.

El acceso y la interacción por parte del usuario final se realizan exclusivamente a través de la aplicación de realidad virtual, desarrollada en Unity. Esta aplicación constituye el único punto de contacto del usuario con el sistema, y permite funcionalidades tales como la carga de libros, lectura de contenido y visualización de imágenes asociadas.

El backend de la solución se organiza en dos módulos principales. El primero corresponde al sistema de gestión de usuarios y autenticación, implementado en Django y respaldado por una base de datos PostgreSQL. La separación de este módulo respecto del resto de la aplicación contribuye a reforzar la seguridad en el manejo de información sensible, como credenciales y datos personales.

El segundo módulo corresponde al sistema de gestión de libros y contenidos, integrado por microservicios independientes que se comunican a través de mecanismos síncronos y asíncronos. Este módulo integra tres subservicios principales: el servicio de ingesta de libros, el servicio de generación de contenidos y el servicio de modelos de lenguaje (LLM).

El servicio de ingesta de libros administra la carga de obras por parte de los usuarios y recopila metadatos relevantes a través de fuentes externas, como Open Library, LibraryThing y Google Books. Entre los datos recolectados se incluyen el identificador (ISBN),

título, géneros, sinopsis, autor, descripción del autor, personajes y escenarios clave de la obra. Además, este servicio desencadena automáticamente tareas de generación de embeddings y de contenidos al registrarse un nuevo libro.

El servicio de generación de contenidos produce representaciones visuales de personajes y escenas asociadas a los libros, las cuales son posteriormente utilizadas en la aplicación de realidad virtual. Para la generación de personajes se emplea la API de Pollinations.ai, seleccionada tras evaluar alternativas internas cuyo rendimiento no resultó adecuado. Esta API permite tanto la creación de imágenes a partir de prompts como la conversión img2img (transformación de imágenes a partir de otras imágenes), garantizando coherencia visual entre las representaciones de un mismo personaje. En paralelo, la generación de entornos inmersivos en formato 360° se realiza mediante la API de SkyboxAI (Blockade Labs). Todo el contenido generado se almacena e indexa en un sistema de almacenamiento de objetos, optimizando su reutilización cuando múltiples usuarios acceden a un mismo libro, con el objetivo de evitar procesos de generación redundantes.

El servicio de LLM opera sobre modelos desplegados localmente en máquinas virtuales con GPU mediante Ollama. Este servicio cumple tres funciones principales: (i) generar embeddings a partir del contenido de los libros, utilizando metadatos que indican el progreso de lectura a fin de prevenir revelaciones anticipadas (spoilers); (ii) elaborar descripciones detalladas de personajes y escenarios, que luego son empleadas como insumos para los servicios de generación de imágenes; y (iii) ofrecer un modelo conversacional basado en la técnica de Retrieval-Augmented Generation (RAG), permitiendo responder consultas sobre el contenido de las obras y sobre información general relacionada.

#### **3.4.2.1. Flujo de ingesta y generación de contenidos**

La ingesta de libros y la generación de contenidos asociados constituyen un proceso clave en el funcionamiento de LIVRARIO, ya que habilitan los diferenciales de la solución. A continuación, se describe, de forma secuencial, el flujo que se ejecuta cuando un usuario carga un libro en la aplicación.

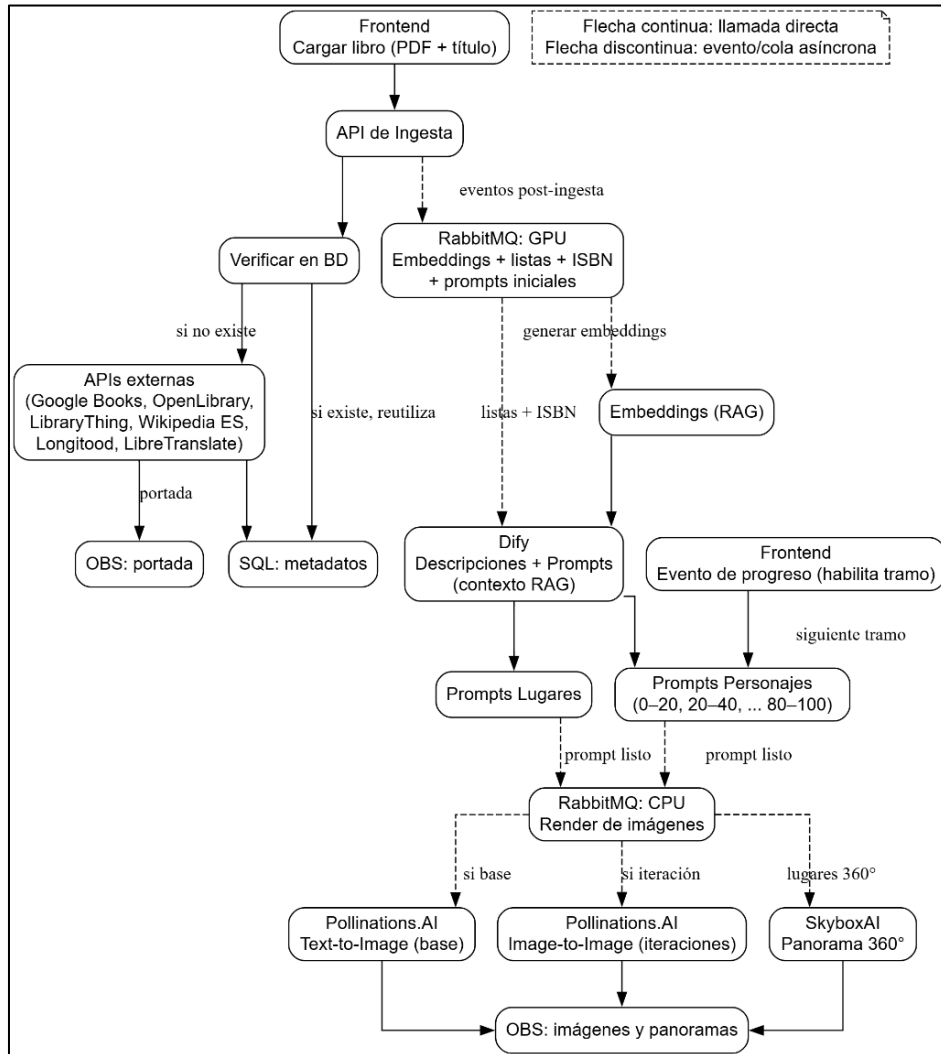


Figura 15: Pipeline lineal de ingesta y generación de contenidos (Gráfico de elaboración propia, 2025)

El proceso se inicia cuando el usuario selecciona la opción “Cargar libro” y proporciona el archivo PDF correspondiente junto con el título de la obra. Con estos datos, se emite una solicitud a la API de ingesta, responsable de recuperar información estructurada y atributos del libro: listado de personajes, lugares relevantes, géneros literarios, autor/a y una breve descripción de su trayectoria, sinopsis y portada. En primera instancia se verifica la existencia del libro en la base de datos propia, a fin de reutilizar registros previos y evitar consultas externas innecesarias. Si no se encuentra un registro, se consultan diversos servicios para obtener y consolidar los datos:

**Google Books**

Actúa como fuente primaria de identificación bibliográfica. Su propósito es localizar con alta cobertura la obra buscada a partir del título (y, de manera opcional, del autor o del ISBN), y proveer el conjunto base de metadatos: título canónico u original, autor/a, sinopsis, géneros/temáticas, idioma y fecha de publicación. Esta información inicial sirve como ancla de referencia para el resto del pipeline de enriquecimiento, facilita la deduplicación entre ediciones y ofrece un punto de partida consistente para la normalización posterior de géneros.

**OpenLibrary**

Cumple un rol de validación y enriquecimiento complementario. Su propósito es aportar la abstracción a nivel “work” que unifica múltiples ediciones de una misma obra, junto con su taxonomía de “subjects” (listado de géneros y temáticas ampliado) y, cuando existe, una descripción adicional del trabajo literario. Además, provee estadísticas editoriales, como cantidad de ediciones y año de primera publicación, que contextualizan la trayectoria de la obra. Estos datos permiten consolidar y normalizar géneros en español y aumentar la robustez del perfil bibliográfico.

**LibraryThing**

Su propósito es enriquecer el modelo semántico del libro mediante la incorporación de entidades narrativas, principalmente personajes y lugares pertenecientes a la historia. Esta capa aporta estructura al contenido más allá de la metadata bibliográfica y habilita la generación posterior de descripciones de personajes y escenarios, desarrollada más adelante en este apartado.

**Wikipedia (edición en español)**

Aporta contexto biográfico del autor o autora. Su propósito es ofrecer un resumen confiable y sintetizado de la trayectoria del creador de la obra, en idioma español, incluyendo hitos, áreas de reconocimiento y vínculos de referencia. Este contexto mejora la interpretabilidad de la información presentada y enriquece la base de conocimiento asociada a cada libro.

### **Longitood**

Está orientado a la resolución y obtención de la portada a partir del ISBN-13. Su propósito es garantizar un activo visual estandarizado (la cubierta del libro) para acompañar los registros, mejorando la experiencia de usuario y la consistencia visual en listados, fichas y en el escenario de realidad virtual.

### **LibreTranslate**

Tiene como propósito unificar el idioma de presentación de los textos descriptivos (p. ej., sinopsis) hacia el español cuando la fuente original está en otro idioma. Esto asegura coherencia lingüística en la interfaz, reduce barreras de comprensión y homogeneiza la experiencia de consulta. Al centralizar la traducción en un servicio dedicado, se preserva la trazabilidad del origen del texto y se facilita el mantenimiento de políticas de calidad sobre contenido traducido.

Una vez obtenida y validada la información, se persiste en una base de datos relacional (SQL) con índices adecuados (por ejemplo, sobre ISBN-13 y título canónico) para permitir recuperaciones eficientes y reducir la dependencia de servicios externos en accesos posteriores. La portada obtenida mediante Longitood se almacena en un bucket de OBS (Huawei Cloud Object Storage) y se expone a través de una URL estática, lo que simplifica su consumo desde la aplicación de realidad virtual.

Finalizada la ingesta inicial, se ejecuta la generación de contenidos asociada al libro. Este proceso se orquesta de manera asíncrona mediante RabbitMQ y se apoya en dos colas diferenciadas:

- **“GPU”**: recibe la tarea de generar embeddings del contenido para su utilización en flujos de RAG (Retrieval-Augmented Generation). De manera adicional, y en eventos independientes, se envían el listado de personajes y de lugares a procesar junto con el ISBN del libro (clave primaria del registro), y se generan los prompts de generación de las imágenes de cada uno de los personajes (a través del workflow semántico, que se nutre de los embeddings).
- **“CPU”**: se encarga de la generación de imágenes. Los eventos de esta cola se crean automáticamente al finalizar cada prompt emitido por el workflow (tanto para personajes como para lugares), desacoplando la construcción semántica del prompt de la etapa de

renderización e invocación a los proveedores de imagen. Esta separación favorece el escalado independiente, la idempotencia y los reintentos controlados ante fallos transitorios.

Los eventos de GPU son consumidos por un workflow de Dify que, enriqueciendo su contexto con los embeddings previamente generados, produce descripciones y prompts de personajes y lugares para la posterior generación de contenido visual.

A partir de este punto, el flujo se bifurca en dos líneas de trabajo complementarias:

1. **Personajes**, centrada en retratos que evolucionan con el progreso de la lectura.
2. **Lugares**, enfocada en panoramas inmersivos 360° coherentes con la ambientación narrativa.

### Línea de personajes

Se generan prompts específicos para crear retratos que evolucionan a lo largo de la historia. Primero se produce una imagen base por personaje (que resalta rasgos esenciales y funciona como plantilla) y luego se generan cinco iteraciones adicionales, cada una alineada a un tramo del 20 % del libro, utilizando contexto suministrado por RAG: 0–20, 20–40, 40–60, 60–80 y 80–100. La activación de cada iteración está gobernada por un disparador proveniente del frontend: al alcanzarse el último capítulo del tramo anterior, el cliente emite un evento de progreso que habilita la generación de la siguiente versión (p. ej., al completar 0–20 se habilita 20–40). Este mecanismo sincroniza la evolución visual con el avance de lectura y evita pre-generaciones innecesarias. La generación se realiza con Pollinations.AI (una API externa), utilizando 2 funcionalidades:

- **Text-to-Image** para la imagen base a partir del prompt.
- **Image-to-Image** para las iteraciones, aplicando un prompt modificador sobre la imagen previa a fin de mantener consistencia visual a lo largo de las versiones.

La ejecución de cada generación (Text-to-Image e Image-to-Image) se dispara mediante eventos en la cola “CPU” creados al concluir el prompt correspondiente en el workflow de Dify; los workers suscriptores consumen el evento, invocan Pollinations.AI y, una vez obtenido el resultado, persisten la imagen en OBS con su metadato de trazabilidad.

### Línea de lugares

De forma paralela, se elaboran prompts para los lugares relevantes del libro y se consume la API de SkyboxAI, que genera imágenes 360° a partir de dichos prompts. En esta línea se consideran los siguientes aspectos operativos y de integración:

- **Estructura del prompt:** además de la descripción semántica del lugar, se parametrizan condiciones ambientales (iluminación, clima, hora del día), época histórica/estilo (p. ej., victoriano, contemporáneo, futurista) y nivel de detalle esperado.
- **Criterios de consistencia:** se preserva una paleta cromática y un tono artístico coherentes con la narrativa del libro y con el conjunto de retratos de personajes, a fin de evitar disonancias visuales en la experiencia inmersiva.
- **Versionado y trazabilidad:** cada recurso se etiqueta con ISBN, identificador del lugar y versión del prompt, lo que posibilita reproducibilidad, auditoría y eventuales regresiones de estilo.

De manera análoga a la línea de personajes, la generación de panoramas 360° en SkyboxAI se activa por eventos en la cola “CPU” emitidos tras la finalización del prompt, lo que permite el almacenamiento seguro en OBS.

En ambos casos (personajes y lugares), las imágenes resultantes se almacenan en OBS dentro de un directorio lógico por libro, lo que permite mantener rutas estáticas para su recuperación futura y facilita su consumo desde la aplicación de realidad virtual. Esta organización favorece el rendimiento del cliente, simplificando el acceso al contenido y facilitando una integración consistente entre los componentes de almacenamiento, backend y front-end inmersivo.

#### 3.4.3. Arquitectura de despliegue Cloud

El diseño lógico de la solución se complementa con una arquitectura de despliegue en la nube, implementada en Huawei Cloud, específicamente en la región La-South-2 (Santiago de Chile), con el objetivo de garantizar baja latencia y alta disponibilidad para los usuarios locales. La elección de un enfoque cloud-native responde a la necesidad de contar con una infraestructura elástica, resiliente y segura, capaz de soportar cargas variables derivadas del procesamiento de lenguaje natural, la generación de contenidos visuales y la interacción en tiempo real dentro del entorno de realidad virtual. Asimismo, optar por servicios gestionados (como RDS for PostgreSQL con pgvector, DMS for RabbitMQ o Cloud Container Engine)

permite reducir significativamente la complejidad operativa asociada a la instalación, configuración y mantenimiento de la infraestructura.

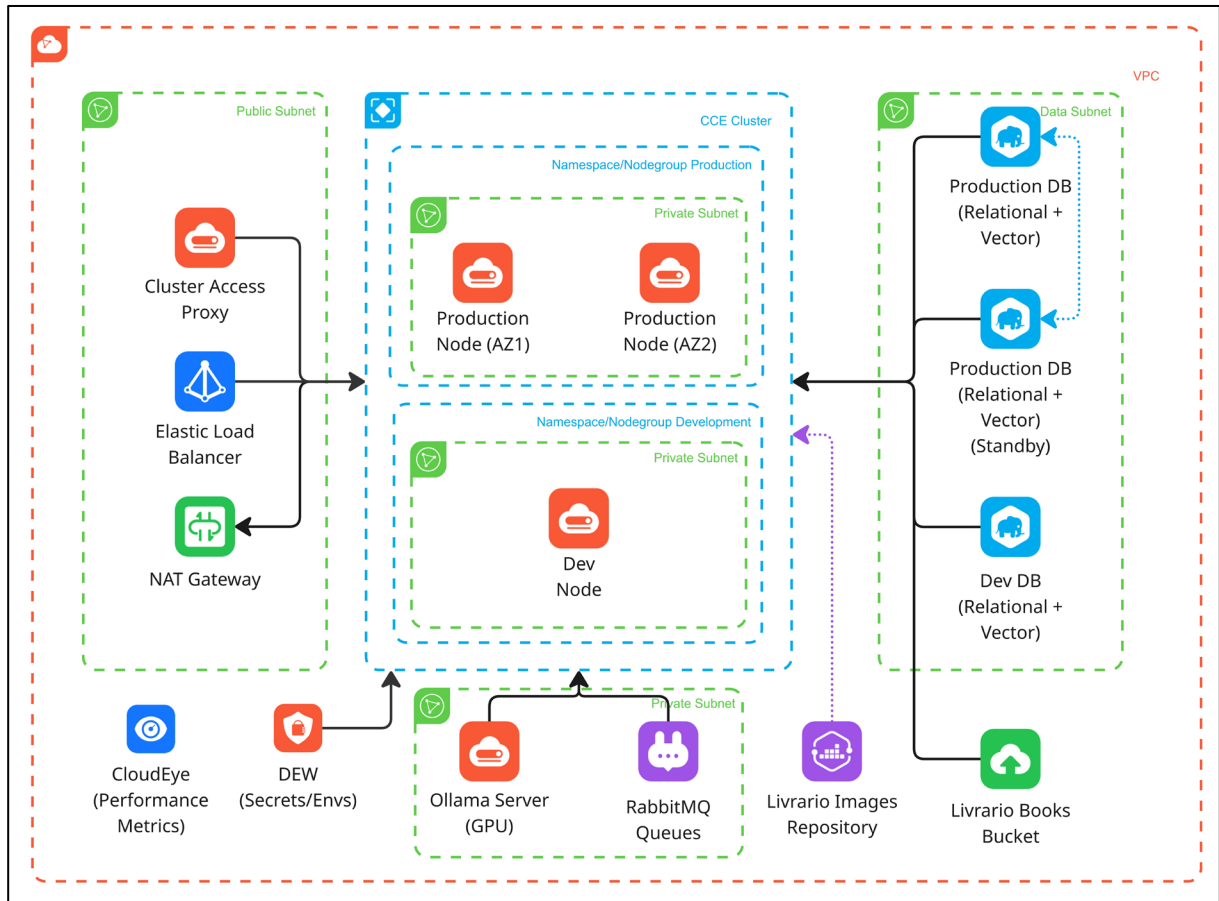


Figura 16: Diagrama de arquitectura de despliegue Cloud (Elaboración propia, 2025).

La arquitectura física se organiza sobre un VPC (Virtual Private Cloud) con subredes públicas y privadas, donde los distintos servicios gestionados de Huawei Cloud interactúan de forma integrada. El core de la solución se encuentra desplegado en un cluster de kubernetes (CCE), complementado por instancias ECS con y sin GPU, colas de mensajería para procesamiento asíncrono y bases de datos relacionales y vectoriales administradas mediante RDS for PostgreSQL.

A continuación se describen los servicios utilizados, detallando su función general y su aplicación particular dentro de este proyecto.

### **CCE (Cloud Container Engine)**

Huawei Cloud CCE es un servicio gestionado de Kubernetes que permite orquestar aplicaciones en contenedores, facilitando su despliegue, escalado y operación. Provee integración nativa con otros servicios de Huawei Cloud y reduce la complejidad asociada a la administración de clusters.

En este PFI se utiliza CCE como plataforma de despliegue principal de los microservicios desarrollados. Cada módulo de la solución (ingesta, generación de contenido, autenticación, chatbot, etc.) se ejecuta como un Deployment dentro de namespaces separados para producción y desarrollo, habilitando aislamiento lógico y control granular de recursos.

### **ECS (Elastic Cloud Server)**

Huawei Cloud ECS es un servicio de instancias virtuales flexibles que permite desplegar cargas de trabajo sobre máquinas virtuales configurables.

En este proyecto se emplean dos tipos de instancias:

- **ECS con GPU**, dedicadas a la ejecución de modelos de lenguaje y generación de embeddings mediante Ollama, asegurando capacidad de cómputo especializada para tareas de IA.
- **ECS sin GPU**, utilizadas como nodos de cómputo general dentro del cluster CCE y como entorno de desarrollo aislado.

### **NAT Gateway**

El NAT Gateway habilita la conectividad segura de recursos desplegados en subredes privadas hacia Internet, sin exponerlos con direcciones públicas.

En esta arquitectura se emplea para permitir que los microservicios internos (en particular, aquellos de ingesta y generación de contenido) consuman APIs externas (Google Books, LibraryThing, Pollinations, SkyboxAI) de manera controlada, manteniendo la infraestructura crítica en subredes privadas.

### **ELB (Elastic Load Balancer)**

Huawei Cloud ELB distribuye tráfico entrante entre múltiples instancias o pods, mejorando disponibilidad y tolerancia a fallos.

En este caso se ubica frente a los servicios expuestos en CCE, asegurando que la interacción desde la aplicación VR hacia el backend se reparta entre los nodos de producción, con soporte para balanceo de carga y failover.

### **CloudEye**

CloudEye es el sistema de monitoreo y métricas de Huawei Cloud, que recolecta indicadores de rendimiento y estado de los recursos.

Se utiliza en este proyecto para supervisar el uso de CPU, GPU, memoria y latencia en los microservicios desplegados en CCE y en ECS, habilitando políticas de escalado automático (HPA) y detección temprana de incidencias.

### **DEW (Data Encryption Workshop)**

Huawei Cloud DEW es la solución de gestión de llaves y secretos, que asegura el cifrado de datos en reposo y en tránsito.

En esta solución se emplea para manejar de forma centralizada credenciales, variables de entorno sensibles (API keys, contraseñas de bases de datos) y certificados, garantizando seguridad en la configuración de los microservicios.

### **DMS for RabbitMQ**

DMS for RabbitMQ es un servicio gestionado de colas de mensajes que soporta comunicación asíncrona y desacoplamiento entre microservicios.

En este PFI se utiliza para separar cargas entre colas CPU y colas GPU, gestionando la orquestación de tareas de generación de embeddings, descripciones y contenidos visuales, optimizando la asignación de recursos de cómputo según la complejidad de la tarea.

### **OBS (Object Storage Service)**

Huawei Cloud OBS es un servicio de almacenamiento de objetos altamente escalable y duradero.

En esta arquitectura se emplea para almacenar y servir imágenes generadas (personajes, escenas 360°) y libros cargados por los usuarios. Además, funciona como repositorio compartido de medios, reduciendo duplicación y costos al reutilizar contenidos ya generados para libros previamente procesados.

### SWR (Software Repository for Container Images)

Huawei Cloud SWR es un servicio de registro privado de imágenes Docker, con soporte para versionado, seguridad y control de acceso.

En este proyecto se utiliza como repositorio central de las imágenes de todos los microservicios, facilitando despliegues consistentes en CCE y manteniendo trazabilidad en versiones y actualizaciones.

### RDS for PostgreSQL (con pgvector)

Huawei Cloud RDS es el servicio gestionado de bases de datos relacionales. En este PFI se despliega PostgreSQL con la extensión pgvector, que permite manejar representaciones vectoriales de los textos de los libros. Se mantienen tres instancias diferenciadas:

- Base de datos de producción (relacional + vectorial), que almacena metadatos de libros y embeddings.
- Standby de producción, como réplica para asegurar disponibilidad y recuperación ante fallos.
- Base de datos de desarrollo, utilizada para pruebas en entornos aislados.

Con la arquitectura de despliegue en la nube definida y operativa, a continuación, se describe el flujo de usuario y la interfaz mediante los cuales la aplicación en Meta Quest consume estos servicios y materializa la experiencia de lectura. Para ver un detalle de los costos de cada uno de estos servicios, referirse al [Anexo D](#).

#### 3.4.4. Flujo de usuario

En la Figura 17 se muestra el flujo principal de LIVRARIO. El usuario ingresa a la aplicación, inicia sesión y selecciona un libro. Si la obra ya fue procesada, se cargan los datos existentes (metadatos, punto de lectura, embeddings y apoyos visuales). Si es la primera vez, el sistema crea esos datos: extrae la información básica del libro, genera embeddings y prepara imágenes y escenas 360° para apoyo visual. Luego, el entorno cambia automáticamente según el género de la obra (fantasía, ciencia ficción o policial).

Durante la lectura, el usuario puede solicitar información del contenido ya leído. El asistente responde sin revelar partes futuras de la trama y, si corresponde, ofrece retomar

desde el último punto guardado. De este modo, el lector continúa la sesión en un entorno estable y coherente con el género, mientras el sistema registra el progreso.

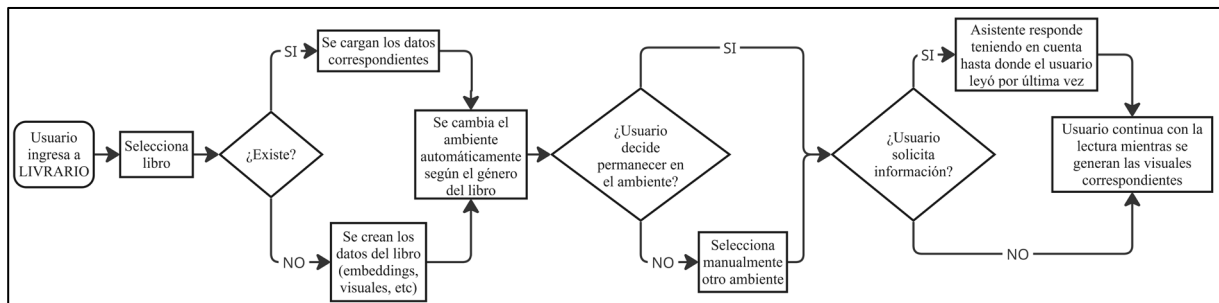


Figura 17: Diagrama de alto nivel del flujo de usuario (Gráfico de elaboración propia, 2025).

Al ingresar a la aplicación, el usuario es redirigido a la sala predeterminada, donde se muestra la pantalla de inicio de sesión. Una vez autenticado, permanece en ese mismo entorno desde el cual puede acceder al menú principal y continuar con la selección del libro.

Al seleccionar un libro, el sistema primero verifica si ya existe en la base de datos. Si existe, se cargan los datos previamente creados (metadatos, punto de lectura, embeddings y recursos visuales). Si no existe, se inicia el procesamiento: se crea un directorio en el bucket de objetos usando el ISBN como clave y se detecta la estructura del texto (cantidad de capítulos).

Con esa información, el libro se segmenta en cinco partes considerando los capítulos para distribuir el trabajo de generación. En paralelo, a partir del ISBN o metadatos se determina el género y se selecciona el entorno correspondiente para la lectura. Esta división en partes permite adelantar recursos sin procesar toda la obra de una vez.

Para soportar búsquedas semánticas y el asistente, se generan embeddings teniendo en cuenta los capítulos usando una ventana de contexto que incluye los cinco anteriores. Los embeddings se guardan en la base de datos asociados al ISBN. Durante la lectura, a medida que el usuario avanza, se descargan las bases de conocimiento necesarias para ese tramo, evitando cargas innecesarias.

### Generación de imágenes y escenas 360°

La generación de apoyos visuales se realiza de forma escalonada. Cuando el lector llega al último capítulo de la parte actual, el sistema identifica los personajes presentes en esa sección y genera las imágenes y escenas 360° correspondientes; luego guarda esos

recursos en el bucket dentro de la carpeta de esa parte. De este modo se reduce el tiempo de espera inicial y se evita exponer contenido de partes futuras.

En sesiones posteriores, si el libro ya fue procesado, el sistema reutiliza todo lo cacheado: carga embeddings y visuales existentes, aplica el entorno por género y retoma desde el último punto de lectura. Este flujo permite equilibrar el rendimiento, la coherencia narrativa y el control de spoilers.

### **Escenas inmersivas**

Tras la carga de información del libro y la detección del género, la aplicación cambia automáticamente a una de las tres escenas predefinidas: ciencia ficción, policial o fantasía. Cada escena tiene iluminación y paleta acordes para aumentar la inmersión y, a la vez, mantener la atención (UI mínima y sin elementos que distraigan).

A nivel de flujo, cuando el usuario selecciona un libro la aplicación consulta al backend los metadatos que generó el servicio de ingesta (ISBN, título, autor y, en particular, género). Con ese dato la aplicación decide qué escena cargar. Si el género no está disponible o es ambiguo, se conserva la sala predeterminada o se ofrece elegir manualmente.

### **Asistente de lectura**

El asistente de lectura acompaña al usuario durante la sesión con respuestas breves y en contexto. Permite solicitar resúmenes del capítulo leído, aclaraciones de frases complejas, definiciones de vocabulario, recordatorios sobre personajes, lugares y explicaciones sencillas sin adelantar la trama. También ayuda a retomar el hilo: si el lector vuelve después de un tiempo, puede solicitar un repaso rápido de “lo último leído” antes de continuar.

Su funcionamiento se apoya en embeddings generados y en una búsqueda semántica que solo consulta el contenido alcanzado por el usuario. Cada pregunta pasa por un filtro de intención (resumen, glosario, personaje, lugar, aclaración) y por un control anti-spoilers: si la consulta requiere información de capítulos no leídos, el asistente avisa y propone alternativas seguras (pistas, repasos de eventos previos o sugerencias de avanzar en la lectura). Para mantener la coherencia y una baja latencia, el sistema guarda estado por obra (último punto de lectura, temas consultados recientemente) y reutiliza resultados cuando corresponde.

En términos operativos, el asistente funciona sobre un servicio de LLM con un esquema de recuperación aumentada de generación (RAG, por sus siglas en inglés). Los

fragmentos de texto que se usan para responder se cargan bajo demanda y nunca incluyen capítulos futuros. Con este enfoque, el asistente aporta un apoyo real a la comprensión y la memoria de la trama, sin romper la experiencia de inmersión ni el suspenso de la historia. Luego de haber descrito los componentes y flujos, a continuación, se presenta la interfaz de usuario.

### 3.4.5. Interfaz de usuario

En la presente sección se describe la interfaz de usuario, con capturas tomadas en Unity y del Meta Quest que ilustran la sala inicial, el inicio de sesión, la carga de libro desde la memoria del dispositivo, la lectura con el panel del asistente y la adaptación del entorno por género.

Al iniciar la aplicación se carga la sala predeterminada (Figura 18), concebida como espacio de bienvenida y entorno neutro previo al inicio de sesión. La vista superior de dicha sala (Figura 19) muestra la distribución del mobiliario, la distancia del usuario al panel principal y la ausencia de obstáculos en el campo visual, con el fin de favorecer la orientación inicial y minimizar distracciones. En el frente se ubica el panel de autenticación (Figura 20), diseñado con tipografía de alto contraste y tamaño legible a la distancia de lectura, que ofrece las acciones de registrarse e iniciar sesión; desde allí se accede al menú principal y, tras la autenticación, a la biblioteca y a la carga de libros.



Figura 18: Sala predeterminada al iniciar la aplicación (Elaboración propia, 2025).



Figura 19: Vista superior de la sala predeterminada (Elaboración propia, 2025).

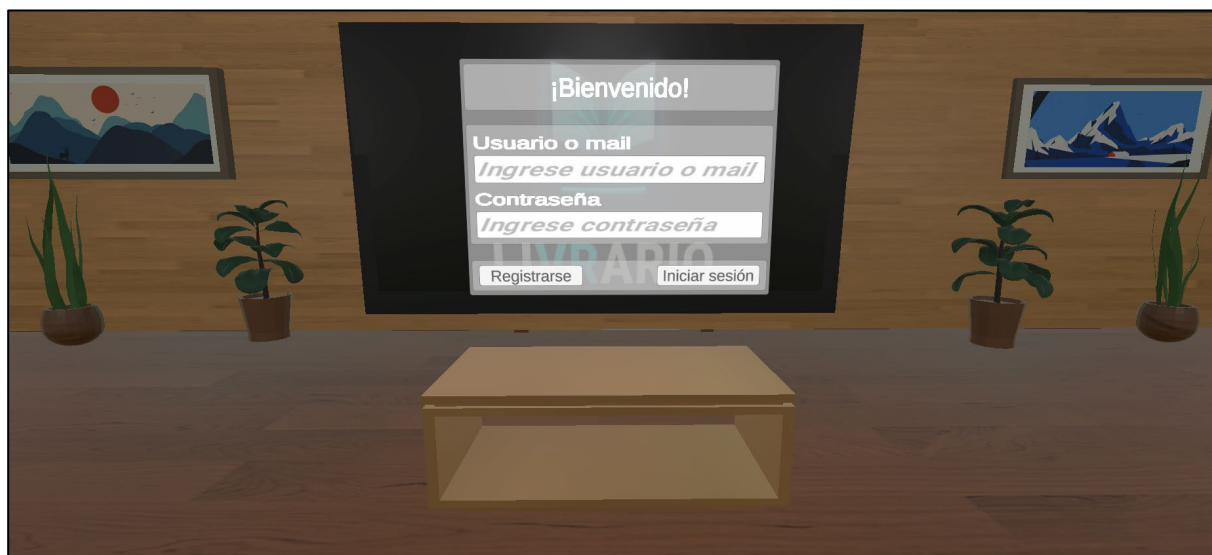


Figura 20: Panel de inicio de sesión en la sala predeterminada (Elaboración propia, 2025).

Tras la autenticación, al elegir Cargar libro desde el menú principal se presenta la pantalla de importación (Figura 21), donde el usuario puede ingresar el título de la obra para obtener información y seleccionar el PDF desde la memoria del visor. Esta vista prepara la

apertura de la lectura: al confirmar, el sistema valida el archivo, lo importa a la biblioteca y deja el libro listo para iniciar la lectura.

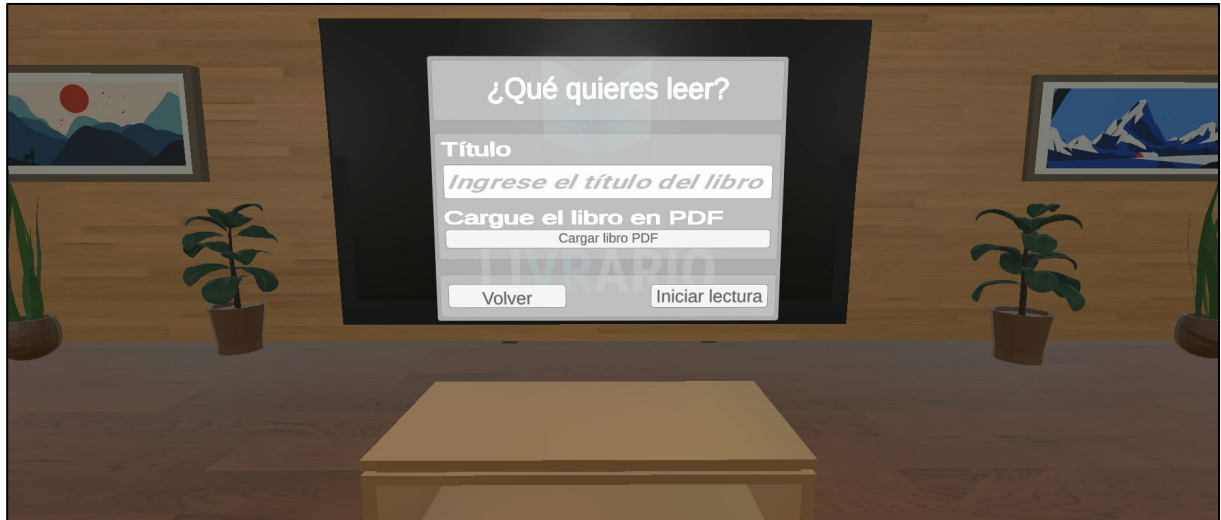


Figura 21: Pantalla de carga de libro en PDF tras el inicio de sesión (Elaboración propia, 2025).

Al iniciar la lectura, la aplicación cambia automáticamente el ambiente según el género del libro donde en este PFI se contemplan el de Policial, Fantasía y Ciencia Ficción. A modo de ejemplo, en la escena policial (Figura 22) se utiliza una paleta fría con acentos de luz roja y azul y se incorporan objetos temáticos ubicados fuera del eje de lectura para reforzar la ambientación sin distraer. En este entorno también está disponible el asistente de lectura, accesible desde un panel lateral; su ubicación es periférica para no interferir con el texto y permite realizar consultas en contexto sin spoilers. La vista superior (Figura 23) exhibe la distribución espacial donde el área frente al panel permanece despejada para poder observar claramente el libro y las visuales correspondientes.



Figura 22: Escena policial (Elaboración propia, 2025).



Figura 23: Vista superior de la escena policial (Elaboración propia, 2025)

Durante la sesión de lectura, el usuario puede abrir o cerrar el libro y, de igual modo, abrir o cerrar el panel del asistente para solicitar definiciones, recordar personajes o repasar lo ya leído. La Figura 24, tomada desde el visor Meta Quest, muestra cómo el libro se

encuentra en el centro y el panel del asistente se despliega en el lateral izquierdo para no obstaculizar la lectura. La respuesta del mismo se genera con contexto acotado hasta el progreso del lector evitando revelar contenido futuro.

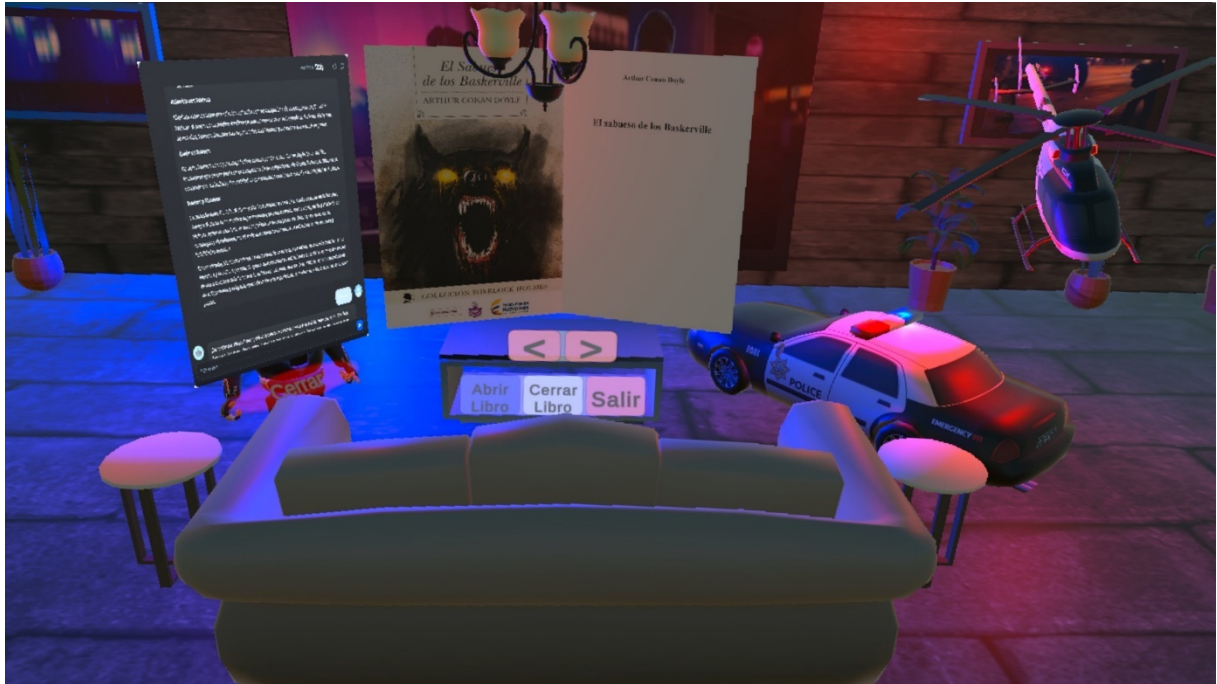


Figura 24: Lectura en Meta Quest con el panel del asistente desplegado. (Elaboración propia, 2025).

Por otro lado, a diferencia de las figuras anteriores, la siguiente muestra el uso en vivo del asistente durante una sesión real de lectura con el visor. El usuario abre el panel lateral izquierdo sin abandonar la página y formula su consulta; la respuesta llega en contexto y sin anticipar la trama, mientras el libro permanece centrado y la línea de lectura se mantiene clara.

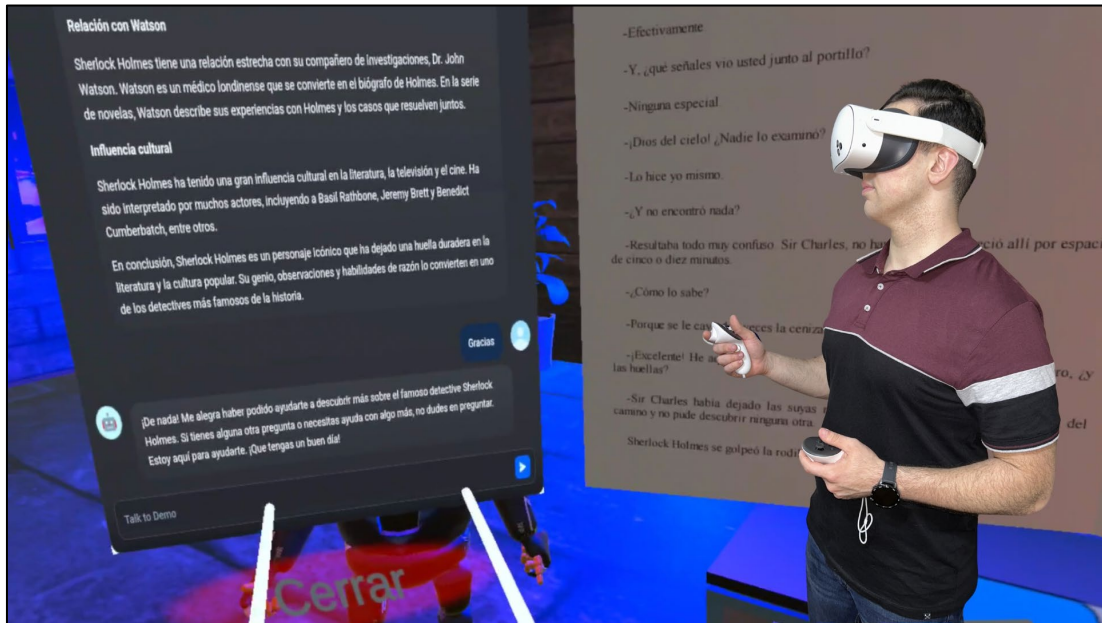


Figura 25: Lectura en vivo con asistente desplegado. (Elaboración propia, 2025).

De manera complementaria, la próxima figura ilustra la visualización de imágenes de personajes durante la lectura en vivo. En este caso, el usuario activa el panel de personajes, que se presenta al lado derecho sin ocultar el texto; las visualizaciones se reproducen de forma directa. El libro continúa visible en primer plano, lo que permite consultar referencias sin interrumpir la experiencia de lectura.

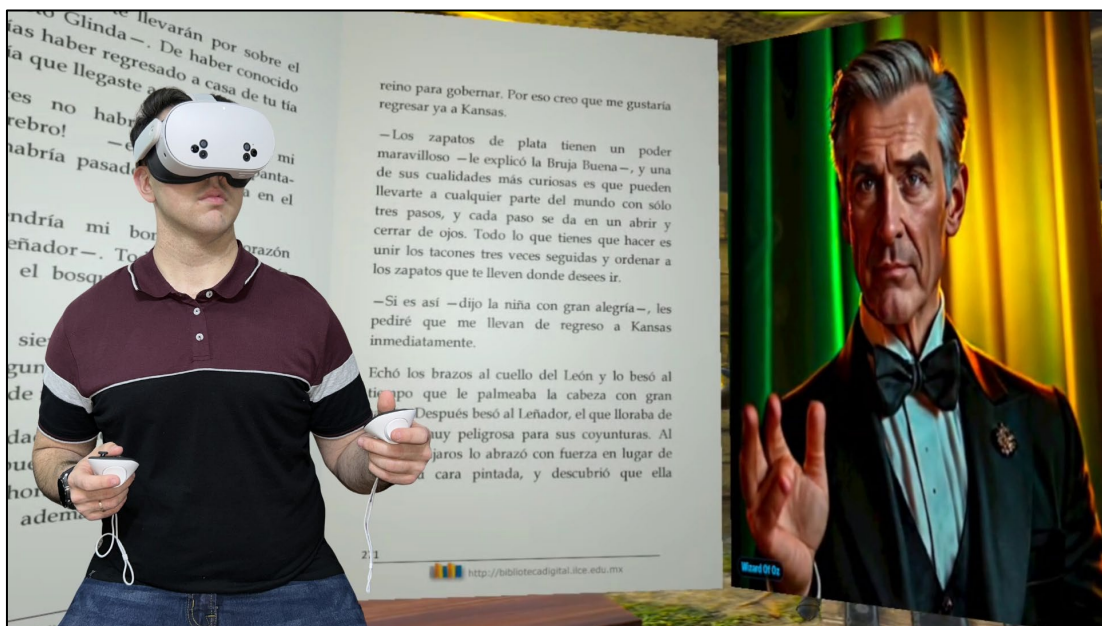


Figura 26: Lectura en vivo con imágenes de personajes. (Elaboración propia, 2025).

### **3.5. Modelo de negocio**

El modelo de negocio de LIVRARIO traduce el propósito del proyecto en una estrategia de creación y captura de valor: define a quién se dirige, cómo entrega la experiencia de lectura inmersiva y de qué manera se sostiene en el tiempo. Se articulan la misión y la visión, el Canvas y el Canvas de propuesta de valor, junto con el análisis FODA, para clarificar la lógica de suscripción, los componentes operativos y las decisiones que habilitan escalabilidad con calidad y coherencia.

#### **3.5.1. Misión**

La misión de LIVRARIO es transformar la experiencia de la lectura a través de entornos inmersivos en realidad virtual, ofreciendo una herramienta innovadora que facilite la comprensión, la atención y la imaginación de los lectores. El proyecto busca responder a las necesidades de personas con afantasia y dificultades de concentración, como el TDAH, proporcionando un espacio accesible, atractivo y motivador que potencie el hábito lector.

La aplicación integra tecnologías de inteligencia artificial para generar recursos visuales que acompañan el texto, evitando interrupciones o spoilers, y permitiendo al usuario avanzar en su recorrido de manera personalizada. Con ello, se persigue no solo mejorar la calidad del proceso lector, sino también contribuir al desarrollo cognitivo y emocional de los usuarios, impulsando nuevas formas de interacción entre literatura y tecnología.

#### **3.5.2. Visión**

La visión de LIVRARIO es consolidarse como la plataforma líder de lectura inmersiva en realidad virtual en el ámbito hispanohablante, ofreciendo una propuesta diferenciada que combine innovación tecnológica con accesibilidad cognitiva. El proyecto busca ser un referente en la aplicación de entornos virtuales al mundo editorial, generando un impacto positivo tanto en la educación como en el ocio cultural.

Se proyecta como una herramienta que fomente la inclusión de lectores con distintas necesidades, ampliando las posibilidades de comprensión, atención y disfrute literario. A largo plazo, la meta es integrar LIVRARIO en instituciones educativas, bibliotecas y comunidades lectoras, contribuyendo a democratizar el acceso a experiencias de lectura enriquecidas mediante la realidad virtual y la inteligencia artificial.

### 3.5.3. Modelo Canvas

Este apartado ofrece una lectura integrada del modelo de negocio de LIVRARIO mediante el Canvas, mostrando cómo la experiencia de lectura inmersiva en realidad virtual, apoyada por inteligencia artificial y un asistente que acompaña sin anticipar la trama, se vincula con los públicos a los que se dirige y con los caminos elegidos para llegar a ellos. La lógica de suscripción se presenta como un mecanismo gradual de acceso y de creación de valor. En conjunto, recursos, actividades, alianzas y costos se articulan para sostener la propuesta y proyectarla en el tiempo.

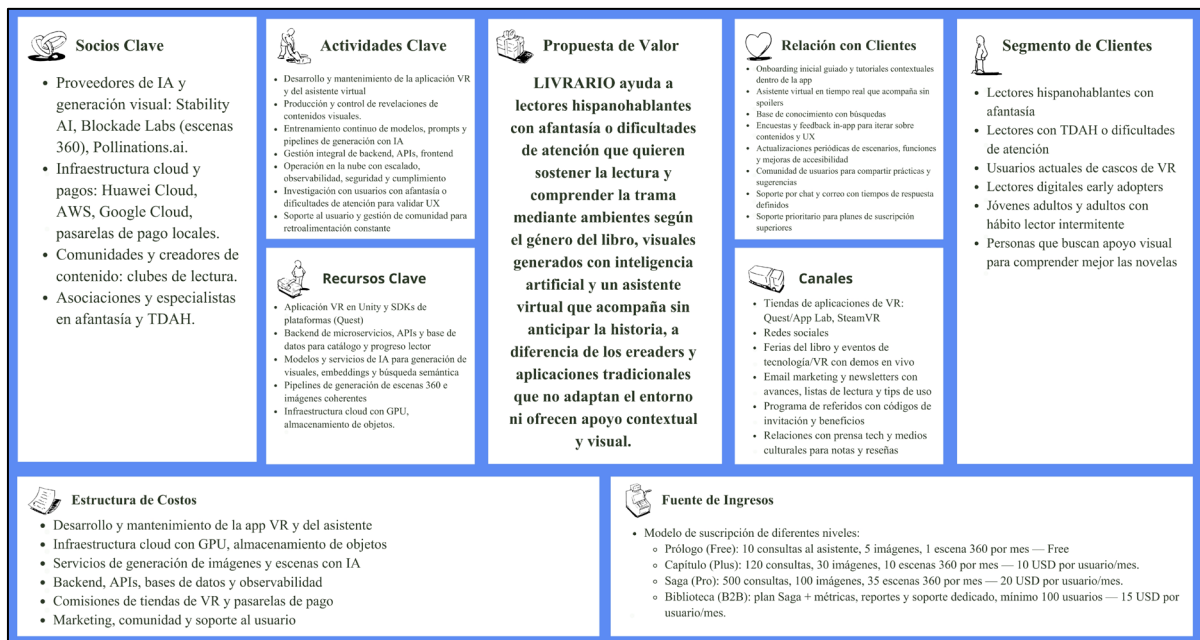


Figura 27: Modelo Canvas de LIVRARIO (Elaboración propia, 2025)

### Propuesta de valor

LIVRARIO es una aplicación de lectura en realidad virtual que mejora la comprensión y la atención de lectores hispanohablantes con afantasia o dificultades de concentración. Lo hace sincronizando escenas y ambientes según el género del libro, incorporando visuales generados con inteligencia artificial y un asistente que responde dudas sin adelantar la trama. A diferencia de los e-readers y aplicaciones tradicionales, adapta el entorno de lectura y ofrece apoyo contextual y visual en tiempo real para sostener la atención y avanzar en la historia.

### **Segmento de clientes**

El público objetivo son lectores hispanohablantes que presentan dificultades para sostener la atención o visualizar elementos del libro en su imaginación (incluida la afantasia) y usuarios de cascos VR. En el ámbito institucional, escuelas, bibliotecas y cátedras requieren seguimiento del progreso y accesibilidad. La estrategia inicia en nichos con alta necesidad y disposición a probar soluciones, con expansión gradual a usuarios generales de e-reading interesados en experiencias inmersivas.

### **Canales**

La distribución se realiza mediante tiendas de VR (Quest/App Lab, SteamVR) por su alcance y confianza del usuario. Las demostraciones en ferias y eventos reducen la barrera de adopción. La comunicación se sostiene con medios especializados, redes sociales y newsletters orientados a casos de uso y evidencia de mejora. Programas de referidos con docentes y clubes de lectura promueven adopción grupal con buen costo de adquisición.

### **Relación con clientes**

El *onboarding* es progresivo y contextual para minimizar fricción inicial. El asistente dentro de la lectura entrega definiciones, recapitulaciones y referencias sin spoilers, manteniendo el flujo. A su vez, el sistema recoge feedback. En B2B se establecen espacios de co-diseño para priorizar accesibilidad y reportes útiles. El soporte combina base de conocimiento, chat y niveles de servicio definidos por plan.

### **Fuentes de ingresos**

La fuente de ingresos está pensada como un híbrido entre freemium y suscripciones, cuyos precios reflejan el consumo de recursos de IA y la complejidad de los modelos ofrecidos. Se ofrecen cuatro niveles de suscripción:

- Prólogo (gratuito), con 10 consultas al asistente, 5 imágenes de personajes y 1 escena 360° por mes, orientado a prueba y adquisición.
- Capítulo (plus), con 120 consultas al asistente, 30 imágenes de personajes y 10 escenas 360° por mes a 10 USD por usuario/mes, pensado para uso general.

- Saga (pro), con 500 consultas al asistente, 100 imágenes de personajes y 35 escenas 360° por mes a 10 USD por usuario/mes, pensado para entusiastas que quieran más prestaciones.
- Biblioteca (B2B), que incluye todas las prestaciones del nivel "Saga" e incorpora métricas, reportes y soporte dedicado, con un mínimo de 100 usuarios a 15 USD por usuario/mes, pensado para instituciones educativas, como colegios y universidades.



Figura 28: Insignias de suscripciones de LIVRARIO (Gráfico de elaboración propia, 2025).

**Recursos clave**

La aplicación en Unity permite portabilidad y control de rendimiento en distintos cascos. El backend por microservicios desacopla autenticación, catálogo, generación de contenidos y chat, facilitando escalabilidad y mantenimiento. La capa de IA (embeddings, recuperación de contexto, generación de imágenes/escenas) requiere datos curados, pipelines reproducibles y almacenamiento de objetos para reutilización.

**Actividades clave**

Las actividades principales incluyen diseño de experiencia de lectura en VR (tipografía, contraste, confort), evolución de prompts y políticas anti-spoilers, operación de infraestructura en nube (escalado de GPU, caché y control de costos) y mejora continua del chat con recuperación por capítulo.

**Socios clave**

Los proveedores de IA y de escenas 360 reducen tiempo de implementación y mejoran la calidad sin entrenamientos extensivos propios. Huawei Cloud asegura latencia adecuada y cumplimiento regulatorio. Clubes de lectura, especialistas en afantasia y TDAH colaboran en lineamientos de diseño y validación de indicadores.

### Estructura de costos

Los costos dominantes corresponden a cómputo para inferencias de IA (GPU) y a almacenamiento/transferencia de medios. El uso de caché y la reutilización de activos disminuyen el costo marginal por sesión. Desarrollo, QA, seguridad y observabilidad constituyen costos fijos necesarios para calidad y confiabilidad. Comisiones de tiendas y pasarelas impactan margen y se consideran en el *pricing*. Marketing y soporte son partidas clave para adquisición y retención, con revisiones trimestrales para optimización continua.

#### 3.5.4. Canvas de propuesta de valor

A continuación, se presenta el Canvas de propuesta de valor enfocado en el lector con afantasia o con dificultades de atención. Se identifican sus trabajos por realizar, los dolores que limitan la experiencia y las ganancias que espera, y se establece el encaje con la solución. A partir de este diagnóstico se describen los productos y servicios, los mecanismos que alivian dolores y los que crean ganancias.



Figura 29: Canvas de propuesta de valor de LIVRARIO (Elaboración propia, 2025)

#### Actividades del cliente

El usuario busca leer de forma sostenida, comprender la trama y mantener la atención capítulo a capítulo. Además, necesita aclaraciones puntuales sin spoilers, construir imágenes mentales de escenas y personajes, y retomar exactamente dónde quedó. Estas actividades demandan una experiencia continua (sin cambios de contexto ni saltos a buscadores

externos), herramientas de apoyo inmediato dentro del texto y un registro de avance confiable que reduzca la fricción al reingresar a la obra. Cuando estas condiciones se cumplen, mejora el flujo de lectura y se reducen relecturas innecesarias.

### **Pains (problemas)**

Las principales dificultades se concentran en la incapacidad de imaginarse los escenarios de la trama, la pérdida de atención y la fatiga cognitiva, la necesidad de releer para recuperar el hilo, la frustración ante referencias o transiciones no comprendidas y la ansiedad por spoilers al pedir ayuda fuera de la aplicación. En conjunto, estos problemas elevan la carga mental, multiplican interrupciones y aumentan la probabilidad de abandono temprano.

### **Aliviadores de frustraciones**

Para mitigar estas fricciones, la propuesta reduce la ansiedad por spoilers mediante aclaraciones dentro del capítulo, evita salidas a herramientas externas, baja la sobrecarga cognitiva con ambientes por género que guían la atención y entrega explicaciones breves en el momento oportuno. El estado guardado facilita retomar sin pérdida de contexto y las respuestas rápidas acortan el ciclo de resolución de dudas. El resultado es menos interrupciones, menos relecturas y una experiencia más predecible y controlada.

### **Gains (beneficios percibidos)**

El lector obtiene atención más sostenida, comprensión reforzada con visuales coherentes y resolución ágil de dudas sin abandonar el texto. El progreso visible funciona como motivador y permite medir avance real. La disminución de interrupciones, sumada a la facilidad para retomar, incrementa el disfrute y la continuidad.

### **Generadores de ganancias**

Los beneficios se habilitan con una combinación de diseño y tecnología: ambientes por género que estabilizan la atención, visuales coherentes que anclan referencias, un asistente que responde sin revelar la trama y un mecanismo de seguimiento de progreso que refuerza la sensación de logro. Esta arquitectura reduce el tiempo muerto entre duda y respuesta, mantiene al usuario “dentro del capítulo” y enfoca el esfuerzo cognitivo en lo literario, no en tareas accesorias.

**Productos y servicios**

La solución se materializa en: una aplicación de lectura inmersiva en realidad virtual; un asistente virtual que ofrece apoyo contextual sin spoilers; visuales generadas con IA (imágenes de personajes y escenas 360) alineados con el contenido; seguimiento de progreso a nivel capítulo y obra; biblioteca personal; y soporte por chat y correo con niveles según suscripción. En conjunto, estos componentes implementan un circuito cerrado de lectura, ayuda contextual y continuidad, reduciendo dependencias externas y mejorando la experiencia integral.

**3.5.5. Análisis de las cinco fuerzas de Porter**

A continuación se presenta el análisis de las Cinco Fuerzas de Porter aplicado a LIVRARIO, con el objetivo de caracterizar la dinámica competitiva del mercado de lectura en realidad virtual. Este marco permite estimar barreras de entrada, dependencia de proveedores, poder de compra, presión de sustitutos y nivel de rivalidad, para fundamentar decisiones de posicionamiento y estrategia.



Figura 30: Análisis de Cinco fuerzas de Porter (Gráfico de elaboración propia, 2025).

**Amenaza de nuevos entrantes**

En cuanto a la amenaza de nuevos entrantes, el mercado presenta barreras moderadas. Desarrollar una aplicación de lectura en realidad virtual con generación de visuales por inteligencia artificial y manejo cuidadoso de spoilers exige equipo técnico y presupuesto, pero no resulta inaccesible para actores con experiencia en motores como Unity y acceso a servicios de IA. La especialización de LIVRARIO en público hispanohablante y en apoyo visual sincronizado con la lectura incrementa la diferenciación y dificulta una copia directa en el corto plazo.

**Poder de los proveedores**

El poder de los proveedores se percibe elevado. La distribución depende de tiendas de realidad virtual con comisiones y políticas que pueden cambiar, mientras que la operación se apoya en servicios de nube con GPU y en modelos de inteligencia artificial sujetos a variaciones de precio y licencia. Esta concentración introduce sensibilidad del margen frente a decisiones externas, por lo que resulta clave diversificar la infraestructura, reutilizar activos para reducir costos y evaluar alternativas abiertas cuando sea viable.

**Poder de los compradores**

Respecto del poder de los compradores, predomina un nivel medio a alto. Los usuarios finales muestran sensibilidad al precio y pueden migrar con facilidad hacia lectores tradicionales, audiolibros u otras formas de consumo. Las instituciones educativas y las bibliotecas negocian por volumen y requieren accesibilidad, métricas y garantías de privacidad, lo que incrementa su capacidad de influencia. La respuesta adecuada combina planes escalonados, evidencia de mejora en comprensión y continuidad, y un soporte alineado con estos requisitos.

**Amenaza de sustitutos**

La amenaza de sustitutos es alta. Soluciones consolidadas como e-readers con herramientas de ayuda, aplicaciones de estudio, audiolibros y entretenimiento en realidad virtual no orientado a la lectura compiten por tiempo y presupuesto. El contrapeso está en el diferencial integrado de LIVRARIO, que combina entornos coherentes con el género,

generación de texto e imágenes mediante inteligencia artificial y asistencia conversacional sin spoilers, una propuesta poco frecuente en la competencia.

### Rivalidad entre competidores

En cuanto a la rivalidad existente, el nicho de lectura en realidad virtual aún es incipiente, aunque plataformas con mayor escala podrían incorporar funciones similares con rapidez. Mantener una ventaja competitiva requiere profundizar el foco en hispanohablantes y en casos de uso como afantasia o dificultades de atención.

#### 3.5.6. FODA

Mediante el análisis FODA se identifican las fortalezas que sostienen la propuesta y su diferenciación, las oportunidades del entorno tecnológico y del mercado, las debilidades asociadas al acceso y uso del dispositivo y a la madurez del contenido, y las amenazas vinculadas a cambios regulatorios, dependencia de proveedores y dinámica competitiva. El objetivo es ofrecer una visión sintética para orientar decisiones de producto, crecimiento y gestión de riesgos.



Figura 31: Análisis FODA de LIVRARIO (Elaboración propia, 2025).

**Fortalezas**

La propuesta se diferencia por integrar lectura en VR con ambientes acordes al género, visuales generadas con IA y un asistente que responde en tiempo real sin adelantar la trama. Esta combinación mejora atención y comprensión sin sacar al usuario del texto. A nivel técnico, la arquitectura está pensada para escalar: separación por servicios, almacenamiento eficiente de activos y mecanismos de control de revelaciones por capítulo. Este diseño permite reutilizar recursos, reducir latencia percibida y mantener coherencia visual a lo largo de la obra.

**Debilidades**

El acceso al hardware limita la base de usuarios: los cascos VR tienen costos y disponibilidad despareja según la región. Incluso teniendo el dispositivo, sesiones largas pueden resultar incómodas si el ajuste y la ergonomía no son adecuados. Existen riesgos de fatiga visual o mareos. También hay barreras contextuales (espacio físico y entorno silencioso) que no todos pueden garantizar. En el backend, los costos variables de cómputo y almacenamiento para IA pueden crecer con la adopción, y la generación de escenas puede experimentar picos de latencia cuando la demanda supera la capacidad planificada.

**Oportunidades**

El ecosistema VR de consumo continúa madurando con equipos más livianos, mayor resolución y mejor precio/rendimiento, lo que amplía el mercado direccionable. El segmento hispanohablante demanda soluciones concretas para atención y comprensión, y hoy casi no encuentra alternativas inmersivas enfocadas en lectura. Existen oportunidades de integración con tiendas de ebooks y pasarelas de pago locales para simplificar la adquisición y el uso recurrente. La colaboración con clubes de lectura, bibliotecas y creadores de contenido puede acelerar el boca a boca con bajo costo. En paralelo, los avances en IA generativa mejoran calidad visual y reducen costos por inferencia, habilitando más contenido con el mismo presupuesto.

**Amenazas**

El principal riesgo competitivo proviene de apps VR emergentes y de e-readers con ecosistemas consolidados que podrían incorporar funcionalidades similares. Cambios en políticas de tiendas (publicación, privacidad, comisiones) pueden afectar distribución y unit

economics. Las regulaciones sobre IA, derechos de autor y manejo de datos podrían requerir ajustes técnicos y legales continuos. También existe exposición a aumentos de precios en servicios cloud y APIs de terceros, además de la dependencia de proveedores de hardware y modelos, con riesgo de interrupciones. Finalmente, una percepción pública negativa respecto de IA o privacidad puede frenar la adopción y exigir esfuerzos adicionales de transparencia y control para el usuario.

### **3.6. Identidad de marca**

Este apartado define los elementos que aseguran coherencia y reconocimiento del producto: marca, logo y paleta de colores. Se explican las decisiones de denominación y significado, la construcción del símbolo y sus criterios de legibilidad/escala, y la selección cromática documentada en valores HEX.

#### **3.6.1. Marca**

Se eligió el nombre LIVRARIO a partir de “librario”, reemplazando la B por V para resaltar sutilmente VR (realidad virtual) dentro del término. Esta construcción conserva la raíz asociada a “libro” y comunica el medio inmersivo sin volver el nombre descriptivo o extenso. El resultado es breve, memorable y fácil de pronunciar en español. Además, refuerza la idea de recorrido de lectura y se alinea con el propósito del producto: acompañar la lectura con apoyo visual generado en tiempo real para quienes tienen dificultades para imaginar lo que leen.

La marca se posiciona con cuatro atributos: clara, confiable (asistente que responde sin spoilers), accesible, inmersiva (ambientes temáticos según el género del libro) e innovadora (uso de IA para producir visuales coherentes con el texto y el avance del lector).

#### **3.6.2. Logo**

A continuación se presenta el logo de LIVRARIO, diseñado para sintetizar en un único símbolo la lectura y la inmersión en realidad virtual.



Figura 32: Logo de LIVRARIO (Gráfico de elaboración propia, 2025).

El logo combina, en una sola figura, un visor de realidad virtual en primer plano y un libro abierto que parece “salir” del visor, señalando explícitamente la inmersión: el contenido literario emerge desde el dispositivo hacia el lector. Por último, las páginas abiertas y las ramas iluminadas representan la lectura y la generación automática de visuales según la parte del libro en el que el usuario se encuentre.

**3.6.3. Paleta de colores**

A continuación se presenta la paleta cromática definida para LIVRARIO, establecida como referencia consistente para la documentación y piezas gráficas del proyecto.



Figura 33: Paleta de colores de LIVRARIO (Gráfico de elaboración propia, 2025).

La paleta se compone de siete colores definidos en formato HEX: #FFFFFF, #CAD7F1, #00F0FF, #5D8BF4, #585B75, #19205F y #000000. El orden es de claro a oscuro: #FFFFFF → #CAD7F1 → #00F0FF → #5D8BF4 → #585B75 → #19205F → #000000. Esta selección equilibra un acento cian de alta energía con una base de azules fríos y neutros, permitiendo construir combinaciones consistentes sin saturar la interfaz visual del proyecto. Desde el punto de vista técnico, los colores fueron elegidos por su buena diferenciación perceptual y por mantener contraste suficiente entre pares claros/oscuros.

**3.7. Análisis financiero**

Con el fin de evaluar financieramente Livrario, se aplicaron algunos métodos clásicos de valoración de inversiones, como lo son VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno) y Payback, sobre flujos mensuales a 5 años. Los resultados se presentan para tres escenarios planteados (optimista, neutro y pesimista) que difieren en la velocidad de adopción de usuarios, la mezcla de planes de suscripción y la eficiencia comercial.

### 3.7.1. Supuestos y variables del modelo

- Inversión inicial: USD 20.000.
- Períodos de tiempo: 5 años (60 meses).
- Tasa de Descuento (CAPM): 17%.
- Periodicidad de los FFN: mensual, consolidación anual para métricas.

Los flujos consideran ingresos por suscripción (Prólogo, Capítulo, Saga y Biblioteca), costos de infraestructura cloud y operación, marketing y soporte. La adopción y retención varían por escenario. A continuación, podemos ver un resumen del análisis realizado.

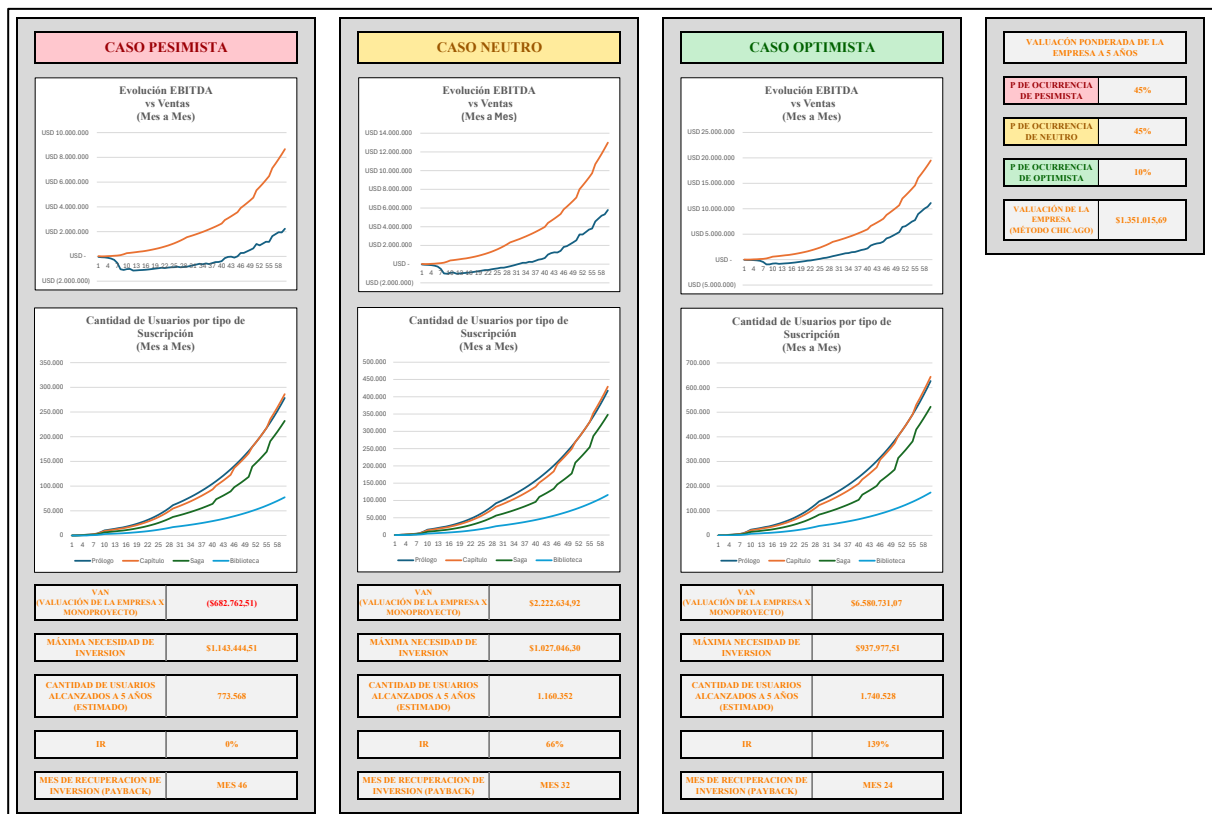


Figura 34: Solapa de “Resumen” del Análisis Financiero

### 3.7.2. VAN

El Valor Actual Neto mide la rentabilidad económica del proyecto descontando los flujos futuros a la tasa elegida. Un VAN positivo implica creación de valor.

Tabla 2: VAN del proyecto (USD)

<b>Escenario</b>	<b>VAN</b>
Optimista	6.580.731,07
Neutro	2.222.634,92
Pesimista	- 682.762,51

### 3.7.3. TIR

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa que hace que la VAN = 0. Permite comparar la rentabilidad intrínseca del proyecto con alternativas de inversión en otros proyectos o ideas.

Tabla 3: TIR del proyecto

<b>Escenario</b>	<b>TIR</b>
Optimista	139%
Neutro	66%
Pesimista	0%

### 3.7.4. Payback

El Payback es el tiempo que demora en recuperarse el capital invertido a partir de los flujos netos no descontados. Complementa al VAN y a la TIR al reflejar el riesgo de recuperación.

Tabla 4: Payback del proyecto

<b>Escenario</b>	<b>Payback (meses)</b>	<b>Payback (años)</b>
Optimista	24	2,0
Neutro	32	2,7
Pesimista	46	3,8

### 3.7.5. Cantidad de usuarios alcanzados

Para hacer una proyección de ventas e ingresos, se estimó la cantidad de usuarios alcanzados y registrados en la aplicación, con un horizonte a 5 años. A continuación, se detalla la cantidad de usuarios alcanzada y la distribución de los mismos entre los diferentes tipos de suscripción disponibles:

Tabla 5: Cantidad de usuarios alcanzados por escenarios.

Escenario	Cantidad de Usuarios a 5 años
Pesimista	773.568
Neutro	1.160.352
Optimista	1.740.528

Tabla 6: Distribución de usuarios entre niveles de suscripción.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Prólogo</b>	36%	33%	30%	26%	23%
<b>Capítulo</b>	32%	33%	35%	36%	37%
<b>Saga</b>	22%	24%	25%	28%	30%
<b>Biblioteca</b>	10%	10%	10%	10%	10%
<b>Total</b>	100%	100%	100%	100%	100%

### 3.7.6. Interpretación de resultados

A una tasa del 17%, Livrario resulta rentable en los escenarios neutro y optimista, con VAN positivo y payback entre 24 y 32 meses; en el pesimista, el VAN negativo y el payback tardío evidencian sensibilidad a la velocidad de adopción y a la mezcla de planes (un mayor peso de las suscripciones Capítulo/Saga/Biblioteca acelera el retorno e incrementa la sostenibilidad).

En el horizonte de 5 años y bajo los supuestos indicados, Livrario presenta viabilidad económica en condiciones de ejecución realistas (escenario neutro), con una TIR del 66% y payback de aproximadamente 2,7 años. El escenario optimista consolida una creación de valor elevada, mientras que el pesimista sugiere fortalecer estrategias de adquisición y retención (alianzas institucionales, mejora de onboarding y pricing por volumen) para reducir la probabilidad de resultados no rentables. Para ver en más detalle el archivo original (formato excel), puede ingresarse en el siguiente enlace: [Análisis financiero](#).

### **3.8. Viabilidad legal**

Dado que LIVRARIO se sitúa en la intersección entre la tecnología, la lectura y determinadas dificultades cognitivas, resulta necesario explicitar ciertos aspectos vinculados a su viabilidad legal. En particular, es importante delimitar con claridad el alcance de la herramienta en relación con el diagnóstico y tratamiento de condiciones como la afantasia o el TDAH, así como el rol y la responsabilidad del usuario respecto del uso de obras protegidas por derechos de autor.

#### **3.8.1. Alcances y limitaciones frente a diagnósticos y tratamientos**

LIVRARIO se concibe exclusivamente como una aplicación de apoyo a la experiencia de lectura, orientada a facilitar la comprensión, la atención y la inmersión narrativa mediante el uso de entornos de realidad virtual e inteligencia artificial. En ningún caso debe ser interpretada como una herramienta de diagnóstico clínico ni como un sustituto de tratamientos médicos, psicológicos o psicoeducativos vinculados a la afantasia, al TDAH o a cualquier otra condición neurocognitiva.

La aplicación no realiza evaluaciones psicométricas, no emite juicios diagnósticos y no propone planes de intervención terapéutica. Su función se limita a proporcionar apoyos tecnológicos (ambientaciones temáticas, visuales generados por IA y un asistente de lectura sin spoilers) que pueden resultar beneficiosos para ciertos perfiles de lectores, pero sin garantizar resultados clínicos ni educativos específicos. La identificación, seguimiento y abordaje de dificultades de atención, procesamiento o imaginación mental continúan siendo responsabilidad de profesionales habilitados en los campos de la salud y de la educación.

#### **3.8.2. Derechos de autor y responsabilidad sobre los contenidos cargados**

En relación con los derechos de autor, LIVRARIO se diseña como una plataforma de lectura que opera sobre archivos PDF provistos por el propio usuario desde el almacenamiento local del visor. La aplicación no ofrece un catálogo propio de obras protegidas, ni distribuye libros de terceros, ni habilita el intercambio de archivos entre usuarios. Su función se restringe a proporcionar una interfaz inmersiva donde el lector puede visualizar y acompañar el contenido de obras que ya posee.

En este marco, la responsabilidad por el uso legítimo del material cargado recae íntegramente en el usuario. Es el lector quien debe asegurarse de contar con los derechos de

acceso y utilización de las obras que incorpora a la aplicación, ya sea porque las ha adquirido legalmente, porque se trata de textos en dominio público o porque las licencias asociadas permiten su uso en este tipo de entornos.

Adicionalmente, el sistema solo persiste de manera centralizada ciertos activos visuales derivados de las obras, como las imágenes de personajes y las escenas 360° generadas por inteligencia artificial. Estos recursos se almacenan con el propósito de reutilizarlos para reducir los tiempos de procesamiento, mejorando así el rendimiento general de la aplicación. En ningún caso se expone ni se redistribuye el archivo PDF original a otros lectores, ni se habilita el acceso al texto completo a través de estos activos derivados.

En línea con estas consideraciones, LIVRARIO se concibe como una plataforma que no aloja ni redistribuye contenidos no autorizados, sino que se limita a ofrecer una interfaz inmersiva de lectura sobre materiales que el usuario ya posee en su dispositivo. La verificación de la licitud, el origen y las condiciones de uso de cada archivo cargado recae en el lector, quien debe respetar la normativa vigente en materia de propiedad intelectual. De este modo, la solución procura alinear su funcionamiento con el respeto a autores, editoriales y demás titulares de derechos, promoviendo una experiencia de lectura inmersiva que sea, a la vez, técnicamente viable y jurídicamente responsable.

#### 4. Metodología de desarrollo

El proyecto adopta una metodología ágil combinando Scrum y Kanban. El trabajo se organiza en iteraciones semanales y cada ciclo culmina con un incremento funcional que puede probarse en el visor. De este modo, la planificación, la revisión y una breve retrospectiva se integran en una sesión por semana, mientras que las reuniones quincenales con la tutora permiten ajustar prioridades, detectar riesgos a tiempo y acordar evidencias de avance. A fin de mantener un ritmo previsible, cada tarea se inicia con un objetivo claro y finaliza cuando existe una versión ejecutable y probada en el dispositivo.

En Notion se centraliza la gestión del proyecto mediante un espacio único que integra tareas, calendario, documentación y seguimiento de reuniones. El tablero Kanban organiza el trabajo en columnas Sin empezar, En curso, Chequear con la tutora, Esperando feedback y Listo, lo que facilita priorizar, limitar el trabajo en curso y hacer visible la responsabilidad de cada tarjeta. Además, se disponen accesos directos a los repositorios, un calendario de entregas y deadlines para coordinar presentaciones y revisiones, una sección de notas y enlaces útiles para el trabajo diario. Las reuniones se documentan con conclusiones y próximos pasos, que alimentan el Kanban y el calendario, de modo que la retroalimentación se traduzca en acciones verificables y en avance sostenido.

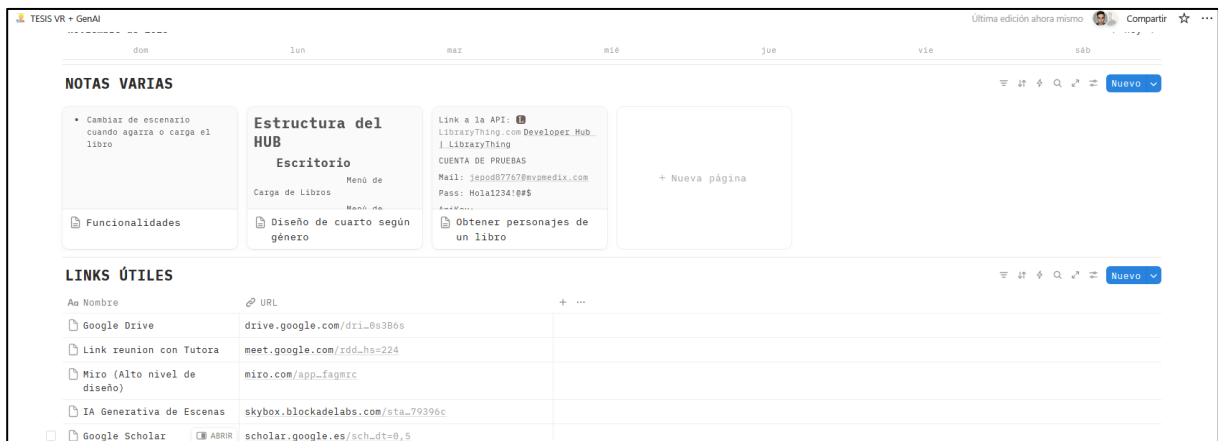


Figura 35: Página Notion centralizador de información

GitHub se utiliza como sistema de control de versiones del código y de los artefactos textuales del proyecto. Se trabaja en una única línea de desarrollo priorizando commits pequeños, frecuentes y con mensajes descriptivos que referencian la tarea en Notion y, cuando corresponde, incluyen evidencia de prueba. El repositorio incorpora reglas de exclusión específicas para Unity y Git LFS para manejar recursos voluminosos, de modo que

el historial se mantenga ágil. Este esquema simple reduce la complejidad operativa y conserva la trazabilidad necesaria para el seguimiento académico y técnico.

La comunicación cotidiana se canaliza por Discord. Se realizan actualizaciones breves y asincrónicas durante el día y, cuando aparece un bloqueo, se acuerda una conversación corta por voz para resolverlo sin demoras. Las conclusiones se vuelcan en Notion para conservar el contexto y sostener la continuidad del trabajo. Este conjunto de prácticas permite equilibrar velocidad y calidad, mantener visibilidad sobre el progreso real y alinear el desarrollo con los objetivos técnicos y académicos del proyecto.

## 5. Pruebas realizadas

Este capítulo resume la estrategia de pruebas de LIVRARIO orientada a asegurar calidad técnica y experiencia de uso. Se combinaron verificaciones automatizadas (frontend y backend) con evaluaciones formativas con usuarios en VR para observar navegabilidad, legibilidad y robustez. Los resultados validaron los flujos principales, permitieron definir métricas de desempeño y priorizar mejoras.

### 5.1. Pruebas unitarias

Se ejecutaron pruebas unitarias en Unity (EditMode/NUnit) y en Python (unittest) sobre funciones clave de sesión, portapapeles, navegación/paneles y sobre saneamiento/normalización de metadatos (ISBN, categorías, JSON). Todas aprobaron (5/5 y 9/9), aportando una red anti-regresión y asegurando consistencia de datos y UX sin depender de render ni red.

#### 5.1.1. Frontend Unity

Se realizaron pruebas unitarias en EditMode con Unity Test Framework (NUnit), enfocadas en comportamientos críticos sin depender de renderizado ni red. Todas finalizaron exitosamente, aportando una verificación rápida frente a regresiones en funciones de sesión, utilidades de plataforma y navegación de UI.

El test de persistencia de sesión (`TokenManager_SaveLoad_Works`) guarda un par de tokens simulados y luego los recupera mediante la API de lectura. Se considera correcto cuando los valores coinciden exactamente y, además, cuando el dato almacenado en `PlayerPrefs` no queda en texto plano, garantizando un mínimo de seguridad local.

El test de portapapeles en Editor (`AndroidClipboard_SetsBuffer`) verifica que la utilidad de clipboard delega en `GUIUtility.systemCopyBuffer`. Se establece una cadena y se comprueba que el búfer del sistema contenga el mismo valor, asegurando un comportamiento consistente para funciones de “copiar”.

El test de mapeo de géneros a salas (`LibraryMenuController_MapGenresToRoom_Basics`) ejercita la función interna que traduce géneros literarios en ambientaciones. Se prueban entradas típicas (ciencia ficción, policial, fantasía) y se valida que retornen las salas temáticas esperadas, manteniendo coherencia entre metadatos y entorno inmersivo.

El test de conmutación de pantallas (UIAuthSwitcher\_BasicTests) solicita mostrar el menú principal y verifica que sólo ese contenedor quede activo, reactivando además los padres si estaban deshabilitados. Con ello se evita superposición de vistas y se preserva un flujo de navegación limpio.

El test del panel web (WebPanelToggle\_BasicTests) abre y oculta el canvas verificando que la operación no altere posición, rotación ni escala iniciales, y que el cierre afecte únicamente la visibilidad. Se usan tolerancias numéricas pequeñas para comparaciones de transformaciones, evitando falsos negativos por precisión de coma flotante.

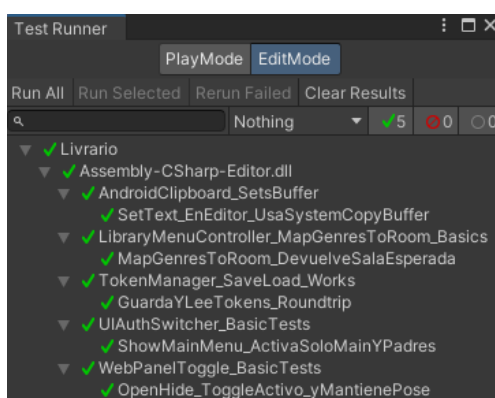


Figura 36: Unity Test Runner (EditMode): ejecución exitosa de 5/5 pruebas unitarias

### 5.1.2. Backend Python

Se ejecutaron pruebas unitarias con enfoque en comportamientos críticos del backend, orientadas a asegurar saneamiento de texto, validación de identificadores, selección de metadatos y armado de la salida. Todas finalizaron exitosamente, aportando una verificación rápida frente a regresiones en utilidades de datos y lógica de ensamblado.

El test de saneamiento de descripciones (test\_strip\_html) comprueba que se eliminen etiquetas y entidades HTML, dejando un texto limpio y apto para persistencia y visualización.

El test de validación de identificadores (test\_is\_isbn13) cubre casos correctos e incorrectos —con y sin separadores— y confirma que la normalización no altera el cálculo del dígito verificador.

El test de deduplicación (test\_dedup) verifica que listas con elementos repetidos se reduzcan a una representación canónica manteniendo el orden relativo, previniendo redundancias en colecciones de metadatos.

El test de extracción de identificadores (`test_extract_isbn13s`) ejercita la obtención de ISBN válidos desde estructuras heterogéneas, limpiando separadores y unificando resultados para conservar una única clave preferida.

El test de priorización de registros (`test_choose_best_item_prefs_es_rich`) evalúa la heurística que elige un “primario” y un “alternativo”, privilegiando el idioma preferido y la completitud de campos (título, descripción, categorías, identificadores) para mejorar la coherencia del documento final.

El test de normalización de categorías (`test_map_categories_to_es`) valida la traducción y estandarización en español —minúsculas y sin tildes— de géneros frecuentes (p. ej., ciencia ficción, romance, terror, juvenil) y su agrupamiento residual en no ficción.

El test de conversión de formatos (`test_isbn10_to_isbn13`) confirma el cálculo correcto del prefijo y del dígito verificador al transformar identificadores, asegurando interoperabilidad entre fuentes.

El test de armado del resultado (`test_build_output_json_no_translate`) verifica la construcción del JSON final combinando un registro principal con su respaldo y autores enriquecidos: identificador de la obra, título, sinopsis saneada, referencia a la fuente y clave preferida.

El test de integración degradada (`test_fetch_lt_best_effort_short_paths`) documenta el comportamiento esperado cuando faltan insumos: la función responde con estados explícitos y sin efectos colaterales, preservando la consistencia del flujo de ingesta.

```

PS D:\desktop\Huawei\Repos\pfi-irigoyen-lombardo-backend> python .\ingest\test_main_estable_unit.py
▶ Running: TestBuildAndLT.test_build_output_json_no_translate
√ Passed: TestBuildAndLT.test_build_output_json_no_translate
▶ Running: TestBuildAndLT.test_fetch_lt_best_effort_short_paths
√ Passed: TestBuildAndLT.test_fetch_lt_best_effort_short_paths
▶ Running: TestHelpers.test_choose_best_item_prefs_es_rich
√ Passed: TestHelpers.test_choose_best_item_prefs_es_rich
▶ Running: TestHelpers.test_dedup
√ Passed: TestHelpers.test_dedup
▶ Running: TestHelpers.test_extract_isbn13s
√ Passed: TestHelpers.test_extract_isbn13s
▶ Running: TestHelpers.test_is_isbn13
√ Passed: TestHelpers.test_is_isbn13
▶ Running: TestHelpers.test_isbn10_to_isbn13
√ Passed: TestHelpers.test_isbn10_to_isbn13
▶ Running: TestHelpers.test_map_categories_to_es
√ Passed: TestHelpers.test_map_categories_to_es
▶ Running: TestHelpers.test_strip_html
√ Passed: TestHelpers.test_strip_html
-----
Ran 9 tests in 1.754s
OK
    
```

Figura 37: Python unittest (backend): ejecución exitosa de 9/9 pruebas unitarias

## 5.2. Pruebas con usuarios

Se realizaron pruebas con usuarios de LIVRARIO (9 y 13 de octubre de 2025) con observación moderada y tareas guiadas para evaluar usabilidad, legibilidad, navegación y robustez. A continuación, se describe la primera de ellas.

### 5.2.1. 9 de octubre de 2025

El 9 de octubre de 2025 se realizaron pruebas formativas para evaluar usabilidad, legibilidad y robustez de la experiencia de lectura en VR. Se utilizó observación moderada con registro de incidencias mientras cada participante cargaba un libro, recorría la biblioteca, abría un libro, leía un fragmento breve y utilizaba el asistente. Se relevaron comentarios espontáneos y se verificaron comportamientos esperados (selección en biblioteca, carga de libro, navegación de páginas y cierre de paneles).

Intervinieron seis personas con distintos niveles de experiencia en VR: desde primera exposición (persona 3) hasta usuarios sin inconvenientes con el visor. Se probaron los tres ambientes temáticos, la biblioteca, el chat del asistente y controles básicos (carga, cierre, progreso).

#### 5.2.1.1. Hallazgos principales

A continuación, se presentan los hallazgos principales de la evaluación con usuarios, organizados por temas (biblioteca y selección, lectura/legibilidad/iluminación, interacción, estados/errores, audio/ambientación y usos educativos) que orientan las prioridades de mejora.

#### **Biblioteca y selección**

Varias personas no percibieron claramente la selección de un libro ni que existía desplazamiento vertical (scroll). Se solicitaron miniaturas más pequeñas para revelar que hay más contenido, realce/sombreado al seleccionar, inclusión de autor y fecha de añadido, y reubicar “Cargar libro” en la parte superior para desambiguar la acción.

#### **Lectura, legibilidad e iluminación**

Se pidió aumentar el tamaño del libro y de la tipografía, así como mejorar la iluminación dirigida a las páginas (la lámpara actual no incide sobre el libro y en la sala por defecto ilumina hacia arriba). Se valoró iniciar con la portada únicamente, mostrar la carátula

cuando el libro está cerrado sobre la mesa y que la primera página quede del lado derecho. El entorno “policial” se percibió demasiado oscuro, mientras que “fantasía” fue mejor valorado.

### **Interacción y feedback físico**

Hubo una expectativa consistente de “todo manipulable”: libro, hojas y elementos del entorno. Se solicitó animación de paso de página, gesto de deslizamiento y respuesta simple del ambiente (por ejemplo, que una planta se mueva al tocarla). Se propuso una barra de progreso centrada entre los controles principales.

### **Estados, errores y robustez**

Se detectaron fallas en el teclado del chatbot y en los botones de “cerrar” (especialmente en el ambiente de fantasía y al abrir dos chats en simultáneo). Se recomendó bloquear el retorno al menú si “Iniciar lectura” no completa la carga, mostrar estado y ofrecer reintento. Se reportó que el libro “queda al 90%” (posible problema de colisiones o anclaje) y que, en algunos escenarios, el libro permanece oscuro.

### **Audio y ambientación**

Se sugirió incorporar audio temático por ambiente y una sala principal con fogata. También se pidió permitir personalización básica: decorar la sala, elegir la calidez de la luz, configurar el entorno y regular la iluminación.

### **Escenarios educativos**

Las personas 1 y 2 indicaron que, para uso educativo, sería valioso habilitar anotaciones sobre el libro y un escenario de estudio (por ejemplo, escritorio o un parque).

#### **5.2.1.2. Priorización**

- Alta: iluminación directa al libro, confirmación de selección en biblioteca, bloqueo de navegación si la carga falla, corrección de problemas del chat/teclado/botón “cerrar”, aumento de iluminación mínima en “policial”, legibilidad (tamaño de libro y fuente).
- Media: reubicar barra de progreso centrada, “Cargar libro”, indicador de scroll y miniaturas más compactas, autor, fecha de añadido, portada solo a la derecha al iniciar, carátula visible al cerrar sobre la mesa, audio temático por ambiente.

- Baja: libro y hojas completamente manipulables con animación y gesto de deslizamiento, micro-interacciones ambientales, personalización de sala e iluminación, anotaciones y escenarios de estudio.

### **5.2.1.3. Análisis de resultados**

Las pruebas del 9 de octubre de 2025 confirmaron que la propuesta resulta comprensible y usable aun para usuarios sin experiencia previa en VR, pero requiere mejoras en legibilidad y en iluminación enfocada al libro, junto con señales claras de estado y selección. La expectativa de manipulación física del libro y de las hojas, sumada a la personalización del entorno y al audio temático, orienta la evolución hacia una interacción más tangible y una ambientación más inmersiva.

### **5.2.2. 13 de octubre de 2025**

El 13 de octubre de 2025 se realizó una nueva ronda de pruebas formativas con foco en legibilidad, navegación y señales de interacción. Se utilizó observación moderada con tareas guiadas (volver al inicio/índice, pasar de página, ajustar lectura y usar el asistente) y registro de incidencias. Participaron nueve personas diferentes con distintos niveles de familiaridad con VR (personas 1–9).

#### **5.2.2.1. Hallazgos principales**

A continuación, se describen los hallazgos por temática. Estos resultados complementan y refuerzan lo observado el 9 de octubre, con énfasis en claridad de controles, soporte a entrada de texto y confort visual.

#### **Biblioteca, navegación e índice**

Se solicitó contar con un acceso visible a “Volver al inicio” y con un índice disponible dentro de la lectura. Se observó que los paneles superpuestos pueden desordenar el flujo al salir a menús secundarios, por lo que conviene revisar jerarquía y cierres. Además, se propone reemplazar rótulos como “Abrir” por un remarco o realce que indique de forma directa la posibilidad de interactuar.

**Lectura, legibilidad y nitidez**

El libro se percibió demasiado grande en algunos casos, por lo que se requiere control del tamaño del libro y de la tipografía. También se pidió mejorar la definición del texto y ofrecer un aumento de fuente en contexto.

**Interacción y ergonomía**

Se prefiere pasar de página con un clic o toque directo sobre el libro. Aparece la expectativa de que el libro sea más “físico” y manipulable. Asimismo, se valora incluir una pequeña actividad o gesto para desestresar e interactuar con el entorno sin romper el foco de lectura.

**Estados, tutorial y robustez**

Se considera necesario un tutorial breve inicial que explique selección, interacción y cierre de paneles. Se detectó que algunos paneles pueden “romper” el flujo, por lo que se recomienda revisar la jerarquía de capas y el comportamiento de los cierres para mantener continuidad.

**Locomoción y confort**

Se solicita la posibilidad de moverse por la escena, más allá del sillón, respetando modos de confort como teletransporte o giros a pasos. También se plantea contemplar passthrough como alternativa para aumentar seguridad y comodidad.

**Entrada de texto y apoyo a la lectura**

Se propone incorporar dictado por voz (speech to text) para reducir escritura manual y un seguidor de renglón o guía línea a línea que ayude a mantener el foco durante la lectura.

**Audio y ambientación**

Se sugiere música o sonido ambiente configurable por el usuario, con controles simples para activación y volumen.

### 5.2.2.2. Priorización

- Alta: índice/“Volver al inicio” accesible in-reading, pasar página con clic/tap sobre el libro, tutorial inicial breve, revisión de jerarquía/cierre de paneles para evitar romper el flujo, speech to text, control de tamaño de texto y libro.
- Media: Música/ambiente con volumen on/off y slider, locomoción opcional con modos confort (teleport/giro a pasos).
- Baja: Libro más “físico” (manipulación avanzada), passthrough como modo alternativo, seguidor de renglón/guía visual línea a línea parametrizable.

### 5.2.2.3. Análisis de resultados

Las pruebas del 13 de octubre refuerzan la prioridad de legibilidad y de navegación clara dentro de la lectura. Se valida el patrón de “acción directa” sobre el libro (clic para pasar página) y la necesidad de tutoriales cortos.

## 5.3. Pruebas de navegabilidad

Este apartado presenta, de forma integrada, la navegabilidad de LIVRARIO en tres momentos del recorrido lector: cargar un libro, reanudar la lectura y acceder a apoyos (asistente e imágenes). Se describen flujos simples que preservan el contexto de lectura, con entradas claras, confirmaciones visibles y manejo de errores. Asimismo, se establecen criterios generales de desempeño y usabilidad para garantizar una experiencia fluida y consistente.

### 5.3.1. Cargar libro

Desde el menú principal, el usuario selecciona “Cargar libro” y accede a una pantalla dedicada a la importación. En esa pantalla toca “Cargar PDF”; se abre el selector de archivos del visor y elige el documento del libro. Luego, la aplicación solicita completar título y autor en dos campos simples.

Al presionar “Iniciar lectura”, el sistema importa el archivo, se realiza el proceso de ingesta y registra el libro en la biblioteca. En el mismo proceso se detecta automáticamente el género (p. ej., fantasía, ciencia ficción o policial) y, con ese dato, la aplicación redirige al ambiente temático correspondiente.

Durante la importación se muestra un mensaje de carga para que el usuario sepa que todo avanza correctamente. Si el PDF no es válido, se informa con un mensaje claro y se ofrece reintentar o elegir otro archivo sin salir de la pantalla. Una vez dentro, el libro queda

guardado en la biblioteca con su portada y metadatos, listo para continuar en cualquier momento.

En términos de desempeño de la tarea, el Tiempo hasta iniciar lectura (TTF-Read) se fija en menor a dos minutos, medidos desde tocar “Cargar libro” hasta el ingreso al ambiente temático. En condiciones nominales, la secuencia completa requiere seis interacciones mínimas: tocar “Cargar libro”, tocar “Cargar PDF”, seleccionar el archivo en el selector, completar Título, completar Autor y tocar “Iniciar lectura”.

### **5.3.2. Continuación de lectura**

Desde el menú principal, el usuario presiona “Biblioteca” y se redirige a la vista donde se muestran todos los libros cargados con su título, portada y progreso. Allí selecciona uno de ellos y toca “Continuar”. La aplicación recupera la posición guardada y reanuda la lectura en la página exacta en la que se dejó, dentro del ambiente temático correspondiente al género. Si el libro no tiene progreso previo, se ofrece comenzar desde el inicio.

En términos operativos, la secuencia requiere tres interacciones mínimas (Biblioteca → seleccionar libro → Continuar) y el tiempo de reanudación se mantiene por debajo de 2 segundos desde que se presiona “Continuar”, incluyendo la carga del ambiente y la apertura de la página, lo que hace que la transición sea prácticamente inmediata para el usuario.

### **5.3.3. Asistente virtual e imágenes de personajes y escenas 360°**

Dentro del ambiente temático, al tocar “Abrir asistente” se despliega un panel a la izquierda del libro mientras que este permanece visible en todo momento. En ese panel se solicitan ISBN y progreso actual. La aplicación deja preparados en el portapapeles el ISBN del libro activo y el progreso actual para que el usuario los pegue rápidamente. Luego el usuario puede realizar la consulta y se reciben respuestas contextuales y sin spoilers. Al cerrar el panel, se conserva la misma página de lectura y el mismo ambiente.

Para imágenes de personajes, al tocar “Imágenes de personajes” se abre un panel que muestra las imágenes de forma directa en modo video, sin abandonar la lectura; el libro continúa visible y accesible.

Para escenas 360°, al tocar “Escenas 360°” se visualiza dicha imagen manteniendo el panel del asistente, el libro y el panel de imágenes de personajes. Desde allí el usuario puede avanzar a la siguiente o volver a la anterior con un solo click.

En términos operativos, el uso del asistente requiere cuatro interacciones mínimas (Abrir asistente → pegar ISBN → pegar progreso → realizar consultas) y mantiene el tiempo de apertura del panel por debajo de un segundo y el tiempo hasta respuesta por debajo de tres segundos; la visualización de imágenes de personajes se resuelve con una interacción (Imágenes de personajes) y muestra el primer fotograma en menos de tres segundos; las escenas 360° también se abren con una interacción (Escenas 360°), cargan en menos de dos segundos y permiten avanzar/retroceder con un solo click.

## 6. Discusión

A partir de las pruebas, se abordaron la mayoría de los ítems priorizados como “Alta”, con el objetivo de reducir fricción y mantener el foco lector. Se sumó iluminación directa al libro y se elevó la iluminación mínima del ambiente “policial”; en la biblioteca se incorporó confirmación de selección; se corrigieron problemas con el chat del asistente de lectura, del teclado y del botón “cerrar”; se añadió un tutorial inicial breve y el acceso “Volver al inicio” dentro de la lectura; y se habilitó pasar de página con click/tap sobre el libro.

No obstante, ciertas mejoras solicitadas no se implementaron por restricciones técnicas e incompatibilidades de assets (p. ej., manipulación avanzada del libro y micro-interacciones ambientales, o combinaciones de shaders/iluminación que degradaban el rendimiento).

En el plano técnico de Unity/VR, el proyecto atravesó dificultades como la gestión de Git LFS para recursos pesados, configuración de Build & Run, automatización de instalación de la aplicación en Meta Quest y una curva de aprendizaje inicial elevada en el motor. Por otro lado, la integración con el backend presentó desafíos. Se buscó ofrecer respuestas contextuales y sin spoilers, lo que exigió sincronizar en forma constante el contenido con el progreso. Este acoplamiento requiere consistencia estricta entre lo ya leído y lo que el asistente y las imágenes de personajes pueden mostrar, evitando cualquier filtración de trama.

En el backend, el primer desafío fue consolidar fuentes de APIs completamente diferentes entre sí, como LibraryThing, Wikipedia, Google Books, entre otras, con modelos de datos, reglas de validación y métodos de acceso distintos. Para evitar acoplar la lógica de negocio a cada proveedor, se diseñó una capa de adaptadores que normaliza identidades, estandarizan la devolución de las peticiones y unifica conceptos y categorías (géneros, personajes, lugares). Además, se implementaron validaciones específicas por conector y validaciones integrales, combinando el uso de las diferentes fuentes. También, se añadieron estrategias de deduplicación para reducir latencia y costos computacionales al realizar las peticiones.

El segundo gran desafío fue garantizar una ingesta completamente asíncrona y desacoplada del frontend. Al incorporar un libro, se orquestan en segundo plano múltiples etapas, como la generación de descripciones, prompts, imágenes de personajes y escenas 360°, extracción de entidades y creación de embeddings, sin bloquear la experiencia del usuario. Para ello, se emplearon colas y workers independientes, además de eventos que permiten a cada uno

de estos módulos interactuar entre sí. Este diseño evita “congelamientos” de la UI, aísla picos de carga en el cómputo del backend, y permite escalar horizontalmente durante el procesamiento.

Con esta base técnica, se habilita el siguiente paso: profundizar la propuesta para distintos perfiles de lectura y, a la vez, expandir su alcance en ámbitos educativos mediante alianzas y catálogos VR. Por lo tanto, como líneas futuras, se propone profundizar en dos frentes complementarios: por un lado, consolidar las mejoras orientadas a personas con afantasia y TDAH (entornos de bajo estímulo, apoyos visuales adaptados y un asistente sin spoilers calibrado al perfil); y, por otro, fortalecer el eje educativo mediante alianzas con universidades y bibliotecas para conformar un catálogo VR curado, habilitar anotaciones, modo de estudio y dictado por voz, y ampliar la compatibilidad de formatos. En conjunto, el proyecto demuestra viabilidad y un camino de mejora incremental sustentado en evidencias de prueba, con proyección tanto para entretenimiento como para contextos educativos.

## 7. Conclusión

Este trabajo partió de una problemática concreta: a las personas con afantasia y/o TDAH se les dificulta el disfrutar y sostener la lectura. En algunos casos porque les resulta difícil “ver” mentalmente lo que leen; en otros, porque los estímulos del entorno dispersan la atención o porque mantener la constancia se vuelve difícil con el paso del tiempo. A partir de esto, se propuso una solución sencilla en su idea y ambiciosa en su alcance: crear un entorno de lectura en realidad virtual que reduzca distracciones, brinde ambientes temáticos según el género del libro, ofrezca apoyos visuales acordes al texto y acompañe con un asistente que resuelva consultas sin anticipar la trama.

El desarrollo de LIVRARIO buscó favorecer la atención y la comprensión en la lectura. Por un lado, se diseñaron espacios temáticos según el género del libro que ayudan a sostener la atención. Por otro, se integraron apoyos visuales (imágenes de personajes y escenas 360°) que ayudan a la imaginación y construcción mental de la trama. Finalmente, se incorporó un asistente que responde consultas según el progreso de la lectura, evitando spoilers. La combinación de estas tres ideas simples permitió pensar la lectura como una experiencia más atractiva, especialmente para quienes suelen abandonarla temprano por frustración o cansancio.

Las encuestas y entrevistas realizadas con potenciales usuarios y referentes del ámbito educativo aportaron señales claras. Por un lado, confirmaron la existencia de una necesidad real: personas que desean leer más y mejor, pero se enfrentan con barreras como la falta de atención sostenida o de visualización mental. Por otro, ofrecieron observaciones muy concretas para mejorar el prototipo: hacer más directa la navegación, ajustar iluminación, permitir pasar de página con gestos simples y reducir elementos que no aportan a la tarea de leer. Estas devoluciones, además de validar el sentido del proyecto, orientaron ajustes prácticos que elevaron la calidad de la experiencia.

La propuesta también se diferencia de soluciones cercanas. LIVRARIO ordena la experiencia, la simplifica y refuerza solo lo que favorece la comprensión. Ofrece apoyos puntuales sincronizados con el progreso del lector, sin spoilers ni interrupciones. A diferencia de otras aplicaciones, usa inteligencia artificial para generar imágenes y escenas a partir del texto, además de resolver consultas según el progreso mediante el asistente. También, detecta automáticamente el género del libro para seleccionar el ambiente temático correspondiente en el cual desarrollar la lectura donde en este trabajo se implementaron los ambientes policial, ciencia ficción y fantasía.

Asimismo, se verificó que es posible crear una experiencia de lectura en realidad virtual centrada en la persona, que simplifica el proceso, favorece la concentración y aporta apoyos visuales oportunos sin alterar la trama. A su vez, las opiniones obtenidas validan la dirección del proyecto y señalan un camino de mejoras graduales para fortalecer su valor pedagógico y facilitar un uso cómodo en la práctica cotidiana.

### **7.1. Líneas futuras**

A corto y mediano plazo, el proyecto se orienta a profundizar dos frentes complementarios. Por un lado, optimizar la accesibilidad cognitiva para afantasia y TDAH mediante entornos de bajo estímulo ajustables, apoyos visuales sin spoilers mejor calibrados al perfil del lector, anotaciones, modo de estudio y dictado por voz para reducir carga de entrada. Por otro, fortalecer el eje educativo a través de alianzas con universidades y bibliotecas que habiliten un catálogo VR curado y protocolos de uso en aula, con acompañamiento docente y seguimiento de progreso.

Desde lo técnico, el foco estará en consolidar la robustez y el rendimiento en distintos dispositivos, garantizando tiempos de respuesta consistentes y una experiencia estable. Se explorará el funcionamiento sin conexión, la ampliación de formatos e idiomas y vías de integración con catálogos y repositorios.

### **7.2. Congreso CoNaIISI**

Una versión sintética de este trabajo fue presentada y aprobada por el jurado del Congreso CoNaIISI 2025, lo que reafirma su pertinencia y calidad académica. El artículo expone la problemática de lectura en personas con afantasia y con trastorno por déficit de atención con o sin hiperactividad, describe el enfoque basado en realidad virtual e inteligencia artificial y la arquitectura general de la solución, y resume la validación inicial a través de encuesta y entrevistas. Entre los aportes, se destaca una propuesta de lectura en realidad virtual de bajo estímulo con apoyos visuales sincronizados con el contenido efectivamente leído y un asistente que responde sin anticipar la trama, guiado por el progreso del lector.

La aprobación por parte de un organismo externo brinda un marco de validación institucional y abre oportunidades de colaboración con cátedras y organismos académicos, así como acceso a muestras más diversas para futuras evaluaciones y el diseño de pilotos en contextos educativos. Para su consulta, el artículo completo se encuentra adjunto al final del documento, en el apartado [Congreso CoNaIISI 2025](#).

En conclusión, LIVRARIO reafirma que la lectura en realidad virtual puede ser más accesible y centrada en la persona: ordena la experiencia, sostiene la atención y ofrece apoyos visuales y textuales sincronizados con el progreso sin anticipar la trama. La integración de ambientes temáticos por género, la generación de imágenes de personajes y escenas 360°, y un asistente de lectura contextual se traduce en mejoras de comprensión, atención y experiencia en la lectura. Al mismo tiempo, las líneas futuras delineadas y la aprobación del trabajo por el jurado del Congreso CoNaIISI 2025 fortalecen su proyección y trazan un camino de evolución. Finalmente, el proyecto pone la tecnología al servicio del lector y devuelve a muchas personas la posibilidad de entrar y permanecer en las historias.

## 8. Bibliografía

ALZUBAIDI, Laith, et al. Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of big Data*, 2021, vol. 8, p. 1-74. [Consulta: 6 de junio 2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40537-021-00444-8>

ARAIZA-ALBA, Paola, et al. Children's memory of a story experienced with virtual reality versus traditional media technology. *International Journal of Virtual Reality*, 2020, vol. 20, no 2, p. 55-69. [Consulta: 26 abril 2025]. Disponible en: <https://ijvr.eu/article/view/3151>

Au Large | Mistral AI. [en línea], 2024. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en: <https://mistral.ai/news/mistral-large>.

BARBER, Ana Taboada, et al. Direct and indirect effects of executive functions, reading engagement, and higher order strategic processes in the reading comprehension of dual language learners and English monolinguals. *Contemporary Educational Psychology*, 2020, vol. 61, p. 101848. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0361476X20300138>

BARÓN, Ana Milena Galindo; HERNÁNDEZ, José Andrés Castillo. *COMPRESIÓN LECTORA A TRAVÉS DE REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA. Cita este libro*, p. 125. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://libros.usc.edu.co/index.php/usc/catalog/download/501/699/9401?inline=1>

Best Open Source LLMs of 2025 — Klu. [en línea], 2025. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en: <https://klu.ai/blog/open-source-llm-models>.

Biblio - Reading App for Books and Comics in VR - Price History and Deals. [en línea], 2024. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en: <https://vrdb.app/game/biblio---reading-app-for-books-and-comics-in-vr/7448147755222436#:~:text=Rating%3A%203>

CHEN, Hanting, et al. Frequency domain compact 3d convolutional neural networks. En *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*.

2020. p. 1641-1650. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en:

[https://openaccess.thecvf.com/content\\_CVPR\\_2020/papers/Chen\\_Frequency\\_Domain\\_Compact\\_3D\\_Convolutional\\_Neural\\_Networks\\_CVPR\\_2020\\_paper.pdf](https://openaccess.thecvf.com/content_CVPR_2020/papers/Chen_Frequency_Domain_Compact_3D_Convolutional_Neural_Networks_CVPR_2020_paper.pdf)

CHEN, Zhaoxi; WANG, Guangcong; LIU, Ziwei. Text2light: Zero-shot text-driven hdr panorama generation. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 2022, vol. 41, no 6, p. 1-16. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en:

<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3550454.3555447>

CHILDS, Elizabeth, et al. An overview of enhancing distance learning through emerging augmented and virtual reality technologies. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 2023. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en:

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10098484>

CHRONICBITE, 2023. Just published Livro, a VR/AR Reader App for the Quest that lets you bring your favorite books, comics or manga into the digital world. r/OculusQuest [en línea]. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en:

[https://www.reddit.com/r/OculusQuest/comments/15tsjrf/just\\_published\\_livro\\_a\\_vrar\\_reader\\_app\\_for\\_the/](https://www.reddit.com/r/OculusQuest/comments/15tsjrf/just_published_livro_a_vrar_reader_app_for_the/).

CHUTKO, L. S., et al. Attention deficit hyperactivity disorder in adults. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 2024, vol. 54, no 5, p. 644-649. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11055-024-01643-5>

CREED, Chris, et al. Inclusive AR/VR: accessibility barriers for immersive technologies. *Universal Access in the Information Society*, 2024, vol. 23, no 1, p. 59-73. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10209-023-00969-0>

CUMMINGS, James J.; BAILENSEN, Jeremy N. How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. *Media psychology*, 2016, vol. 19, no 2, p. 272-309. [Consulta: 6 de junio 2025]. Disponible en:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15213269.2015.1015740>

- CUSCHNIR, Paula. Influencia de la comprensión de textos en la resolución de problemas matemáticos. *Exlibris*, 2016, no 5, p. 495-504. [Consulta: 15 de junio 2025]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/379162915/Influencia-de-La-Comprension-de-Textos-en-La-Resolucion-de-Problemas-Matematicos>
- DAWES, Alexei J., et al. A cognitive profile of multi-sensory imagery, memory and dreaming in aphantasia. *Scientific reports*, 2020, vol. 10, no 1, p. 10022. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-65705-7>
- DAWES, Alexei J., et al. Memories with a blind mind: Remembering the past and imagining the future with aphantasia. *Cognition*, 2022, vol. 227, p. 105192. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010027722001809>
- DODGE, Jesse, et al. Fine-tuning pretrained language models: Weight initializations, data orders, and early stopping. *arXiv preprint arXiv:2002.06305*, 2020. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2002.06305>
- DOLAN, E. W., 2024. New aphantasia research sheds light on the role of visual imagery when reading stories. *PsyPost - Psychology News* [en línea]. [Consulta: 8 de junio 2025]. Disponible en: <https://www.psypost.org/new-aphantasia-research-sheds-light-on-the-role-of-visual-imagery-when-reading-stories/>.
- DROGOUL, Alexis, et al. Coupling Agent-Based Simulations and VR universes: the case of GAMA and Unity. *arXiv preprint arXiv:2502.07405*, 2025. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2502.07405>.
- DUPONT, William, et al. Mental simulations and action language are impaired in individuals with aphantasia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2024, vol. 36, no 2, p. 261-271. [Consulta: 26 abril 2025]. Disponible en: <https://direct.mit.edu/jocn/article-abstract/36/2/261/118098/Mental-Simulations-and-Action-Language-Are>
- FARAONE, Stephen V.; LARSSON, Henrik. Genetics of attention deficit hyperactivity disorder. *Molecular psychiatry*, 2019, vol. 24, no 4, p. 562-575. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41380-018-0070-0>

FOSTES1, 2024. why some people choose midjourney over stablediffusion?

r/StableDiffusion [en línea]. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en:

[https://www.reddit.com/r/StableDiffusion/comments/1b7axxk/why\\_some\\_people\\_choose\\_midjourney\\_over/](https://www.reddit.com/r/StableDiffusion/comments/1b7axxk/why_some_people_choose_midjourney_over/).

FRIDMAN, Rafail, et al. Scenescape: Text-driven consistent scene generation. *Advances in*

*Neural Information Processing Systems*, 2023, vol. 36, p. 39897-39914. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en:

[https://proceedings.neurips.cc/paper\\_files/paper/2023/hash/7d62a85ebfed2f680eb5544beae93191-Abstract-Conference.html](https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2023/hash/7d62a85ebfed2f680eb5544beae93191-Abstract-Conference.html)

GARDUÑO ALVARADO, Tzolkin; SAGOLS TRONCOSO, Feliú; WOLF, Gunnar. Las

neuronas artificiales y su papel central en la inteligencia artificial. *Perceptrón,*

*Inteligencia artificial, Neurona artificial*, 2025, vol. 76, no 1, p. 68-75. [Consulta: 6 de junio 2025]. Disponible en: <https://ru.iiec.unam.mx/6650/>

GIOFRÈ, David; DONOLATO, Enrica; MAMMARELLA, Irene C. The differential role of

verbal and visuospatial working memory in mathematics and reading. *Trends in neuroscience and education*, 2018, vol. 12, p. 1-6. [Consulta: 22 de mayo 2025].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211949317300467>

GIRIN, Laurent, et al. Dynamical variational autoencoders: A comprehensive review. *arXiv*

*preprint arXiv:2008.12595*, 2020. [Consulta: 7 de junio 2025]. Disponible en:

<https://arxiv.org/abs/2008.12595>

GUI, Jie, et al. A review on generative adversarial networks: Algorithms, theory, and

applications. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, 2021, vol. 35, no 4, p. 3313-3332. [Consulta: 7 de junio 2025]. Disponible en:

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9625798>

GUTIÉRREZ-ROMERO, Mario Fernando; ESCOBAR-ALTARE, Andrea; MONTES-

GONZÁLEZ, Jairo Andrés. Tipo de inferencias y comprensión de textos narrativos en básica primaria: Un análisis desde la teoría de sistemas dinámicos. *Revista Electrónica*

*Educare*, 2023, vol. 27, no 2, p. 110-136. [Consulta: 6 de junio 2025]. Disponible en:

[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-42582023000200110](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-42582023000200110)

HO, Jonathan; JAIN, Ajay; ABBEEL, Pieter. Denoising diffusion probabilistic models. *Advances in neural information processing systems*, 2020, vol. 33, p. 6840-6851.

[Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en:

<https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/hash/4c5bcfec8584af0d967f1ab10179ca4b-Abstract.html>

HONG, Wenyi, et al. Cogvideo: Large-scale pretraining for text-to-video generation via transformers. *arXiv preprint arXiv:2205.15868*, 2022. [Consulta: 23 de mayo 2025].

Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2205.15868>

HUPFELD, Kathleen E.; ABAGIS, Tessa R.; SHAH, Priti. Living “in the zone”: hyperfocus in adult ADHD. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 2019, vol. 11, p. 191-208. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s12402-018-0272-y>

HUTH, Franziska, et al. Eye tracking on text reading with visual enhancements. En

*Proceedings of the 2024 Symposium on Eye Tracking Research and Applications*.

2024. p. 1-7. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en:

<https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3649902.3653521>

Inteligencia artificial. Chrome for Developers [en línea], 2025. [Consulta: 15 de mayo 2025].

Disponible en: <https://developer.chrome.com/docs/ai?hl=es-419>.

Introducing 100K Context Windows. [en línea], 2023. [Consulta: 15 de mayo 2025].

Disponible en: <https://www.anthropic.com/news/100k-context-windows>.

ISMAIL FAWAZ, Hassan, et al. Deep learning for time series classification: a review. *Data mining and knowledge discovery*, 2019, vol. 33, no 4, p. 917-963. [Consulta: 15 de junio 2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10618-019-00619-1?mkt-key=005056A5C6311EE999A3A1E864CDA986&sap-outbound-id=11FC28E054C1A9EB6F54F987D4B526A6EE3495FD>

JACOBS, Christianne; SCHWARZKOPF, Dietrich S.; SILVANTO, Juha. Visual working memory performance in aphantasia. *Cortex*, 2018, vol. 105, p. 61-73. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S001094521730360X>

JAGATHEESAPERUMAL, Senthil Kumar, et al. Advancing education through extended reality and internet of everything enabled metaverses: applications, challenges, and open issues. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2024, vol. 17, p. 1120-1139. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en:  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10415252>

Ji, Shuiwang, et al. 3D convolutional neural networks for human action recognition. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 2012, vol. 35, no 1, p. 221-231. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en:  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6165309>

JOHNSON, Cheryl I., et al. Procedural learning in virtual reality: The role of immersion, interactivity, and spatial ability. 2022. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en:  
<https://assets.pubpub.org/kcdv0y7e/61667451253652.pdf>

KAPLAN-RAKOWSKI, Regina; GRUBER, Alice. An experimental study on reading in high-immersion virtual reality. *British Journal of Educational Technology*, 2024, vol. 55, no 2, p. 541-559. [Consulta: 18 abril 2025]. Disponible en:  
[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4262124](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4262124)

KHAN, Asifullah, et al. A survey of the recent architectures of deep convolutional neural networks. *Artificial intelligence review*, 2020, vol. 53, p. 5455-5516. [Consulta: 6 de junio 2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-020-09825-6>

KIM, Doyeon; JOO, Donggyu; KIM, Junmo. Tivgan: Text to image to video generation with step-by-step evolutionary generator. *IEEE Access*, 2020, vol. 8, p. 153113-153122. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en:  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9171240>

- KIRANYAZ, Serkan; INCE, Turker; GABBOUJ, Moncef. Real-time patient-specific ECG classification by 1-D convolutional neural networks. *IEEE transactions on biomedical engineering*, 2015, vol. 63, no 3, p. 664-675. [Consulta: 15 de junio 2025]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7202837>
- KOJIĆ, Tanja, et al. User experience of reading in virtual reality—finding values for text distance, size and contrast. En *2020 Twelfth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)*. IEEE, 2020. p. 1-6. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9123091>
- KUNZOVÁ, N., ŠTĚPÁNEK, A., ECHEVERRI GIRALDO, D.R., LANGLOIS, D.K. y KRIGLSTEIN, S., 2024. Stories with Style: Narrative, Virtual, and Imaginary Spaces of Reading Fiction in Virtual Reality [en línea]. S.l.: Association for Computing Machinery. [Consulta: 15 de mayo 2025]. ISBN 979-8-4007-1283-8. Disponible en: <https://www.muni.cz/en/research/publications/2447529>.
- KUNZOVA, Nikola. Immersive reading in VR. 2023. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en: <https://dl.designresearchsociety.org/iasdr/iasdr2023/doctoralpapers/17/>
- L, B.C., 2025. Tips on Enjoying Reading With Aphantasia. HubPages [en línea]. [Consulta: 8 de junio 2025]. Disponible en: <https://discover.hubpages.com/literature/tips-on-enjoying-reading-with-aphantasia>.
- LI, Wenrui, et al. Scenedreamer360: Text-driven 3d-consistent scene generation with panoramic gaussian splatting. arXiv preprint arXiv:2408.13711, 2024. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2408.13711>
- LI, Zewen, et al. A survey of convolutional neural networks: analysis, applications, and prospects. *IEEE transactions on neural networks and learning systems*, 2021, vol. 33, no 12, p. 6999-7019. [Consulta: 15 de junio 2025]. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9451544>
- LIU, Jianghao, et al. Ultra-high field fMRI of visual mental imagery in typical imagers and aphantasic individuals. *BioRxiv*, 2023, p. 2023. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en:

[https://web.archive.org/web/20230803131104id\\_/https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2023/06/14/2023.06.14.544909.full.pdf](https://web.archive.org/web/20230803131104id_/https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2023/06/14/2023.06.14.544909.full.pdf)

LIVRO - XR Reader by Chronicbite. *itch.io* [en línea]. [Consulta: 15 de mayo 2025].

Disponible en: <https://chronicbite.itch.io/livro>.

LLaVA. [en línea], 2023. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en: <https://llava-vl.github.io/>.

LLaVA, LLaVA-1.5, and LLaVA-NeXT(1.6) Explained. [en línea], 2025. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en: <https://encord.com/blog/llava-large-language-vision-assistant/>.

LÓPEZ, Raquel Flórez; FERNÁNDEZ, José Miguel Fernández. *Las redes neuronales artificiales*. Netbiblo, 2008. [Consulta: 6 de junio 2025]. Disponible en: <https://books.google.com.ar/books?hl=es&lr=&id=X0uLwi1Ap4QC&oi=fnd&pg=PA11&dq=REDES+NEURONALES>

MAKRANSKY, Guido; TERKILDSEN, Thomas S.; MAYER, Richard E. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and instruction*, 2019, vol. 60, p. 225-236. [Consulta: 22 de mayo 2025].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959475217303274>

MARÍN, María Dolores Delgado; MATEO, Inmaculada Méndez; ESTEBAN, Cecilia Ruiz. Comprensión y motivación lectora en educación infantil a través de la luz. *Investigaciones Sobre Lectura*, 2022, no 17, p. 93-109. [Consulta: 22 de mayo 2025].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8752953>

MCMAHAN, Ryan P., et al. Virtual Reality Games: Extending Unity Learn Games to VR. *arXiv preprint arXiv:2410.16061*, 2024. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2410.16061>

MEDLINEPLUS. *Trastorno de déficit de atención e hiperactividad* [en línea]. 2023. [Consulta: 13 mayo 2025]. Disponible en:

<https://medlineplus.gov/spanish/attentiondeficithyperactivitydisorder.html>

MEHRFARD, Arian, et al. A comparative analysis of virtual reality head-mounted display systems. *arXiv preprint arXiv:1912.02913*, 2019. [Consulta: 22 de mayo 2025].

Disponible en: <https://arxiv.org/abs/1912.02913>

Midjourney vs. ChatGPT: Which is better? [2025]. [en línea], 2025. [Consulta: 8 de junio 2025]. Disponible en: <https://zapier.com/blog/midjourney-vs-dalle/>.

Midjourney vs Stable Diffusion: Best AI Image Generator in 2024. Unlimited Graphic Design Service [en línea], 2024. [Consulta: 8 de junio 2025]. Disponible en: <https://penji.co/midjourney-vs-stable-diffusion/>.

MUCZYŃSKI, Bartosz, et al. VR Accessibility in Distance Adult Education. En IFIP Conference on Human-Computer Interaction. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 685-691. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-42293-5\\_94](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-42293-5_94)

NICHOL, Alex, et al. Glide: Towards photorealistic image generation and editing with text-guided diffusion models. *arXiv preprint arXiv:2112.10741*, 2021. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2112.10741>

OCULUSRANK, 2023. Meta Quest対応 「XR Reader」 Ver.0.3. [en línea]. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en: <https://oculusrank.com/?id=6161303843907695>.

PHD, A.M., 2025. Long-Context Windows in Large Language Models: Applications in Comprehension and Code. Medium [en línea]. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en: <https://medium.com/@adnanmasood/long-context-windows-in-large-language-models-applications-in-comprehension-and-code-03bf4027066f>.

PIANZOLA, F. y DERIU, L., 2021. StoryVR: A Virtual Reality App for Enhancing Reading. En: Z. KUBINCOVÁ, L. LANCIA, E. POPESCU, M. NAKAYAMA, V. SCARANO y A.B. GIL (eds.), Methodologies and Intelligent Systems for Technology Enhanced Learning, 10th International Conference. Workshops [en línea]. Cham: Springer International Publishing, pp. 281-288. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 1236. ISBN 978-3-030-52286-5. Disponible en: [http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-52287-2\\_29](http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-52287-2_29).

- PORTUGUEZ-CASTRO, May; SANTOS GARDUÑO, Hugo. Beyond traditional classrooms: Comparing virtual reality applications and their influence on students' motivation. *Education Sciences*, 2024, vol. 14, no 9, p. 963. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-7102/14/9/963>
- QAMAR, Roheen; ZARDARI, Baqar Ali. Artificial neural networks: An overview. *Mesopotamian Journal of Computer Science*, 2023, vol. 2023, p. 124-133. [Consulta: 6 de junio 2025]. Disponible en: <https://mesopotamian.press/journals/index.php/cs/article/view/118>
- RADIANTI, Jaziar, et al. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & education*, 2020, vol. 147, p. 103778. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131519303276>
- RAFFEL, Colin, et al. Exploring the limits of transfer learning with a unified text-to-text transformer. *Journal of machine learning research*, 2020, vol. 21, no 140, p. 1-67. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en: <https://www.jmlr.org/papers/v21/20-074.html>
- ROBINSON, Amanda K., et al. Overlapping neural representations for the position of visible and imagined objects. *arXiv preprint arXiv:2010.09932*, 2020. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2010.09932>
- RODRÍGUEZ, Line Cecilia Maestre; ROYS, Gustavo Adolfo González. Procesos cognitivos básicos orientados a la comprensión lectora de textos literarios. *Revista Unimar*, 2023, vol. 41, no 1, p. 41-63. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8917206>
- ROMBACH, Robin, et al. High-resolution image synthesis with latent diffusion models. En *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*. 2022. p. 10684-10695. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en: [https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2022/html/Rombach\\_High-Resolution\\_Image\\_Synthesis\\_With\\_Latent\\_Diffusion\\_Models\\_CVPR\\_2022\\_paper](https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2022/html/Rombach_High-Resolution_Image_Synthesis_With_Latent_Diffusion_Models_CVPR_2022_paper)

ROMERO-AYUSO, Dulce, et al. Effectiveness of virtual reality-based interventions for children and adolescents with ADHD: a systematic review and meta-analysis. *Children*, 2021, vol. 8, no 2, p. 70. [Consulta: 18 abril 2025]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9067/8/2/70>

RUIZ, Nataniel, et al. Dreambooth: Fine tuning text-to-image diffusion models for subject-driven generation. En *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*. 2023. p. 22500-22510. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en: [https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2023/html/Ruiz\\_DreamBooth\\_Fine\\_Tuning\\_Text-to-Image\\_Diffusion\\_Models\\_for\\_Subject-Driven\\_Generation\\_CVPR\\_2023\\_paper.html](https://openaccess.thecvf.com/content/CVPR2023/html/Ruiz_DreamBooth_Fine_Tuning_Text-to-Image_Diffusion_Models_for_Subject-Driven_Generation_CVPR_2023_paper.html)

SAHARIA, Chitwan, et al. Photorealistic text-to-image diffusion models with deep language understanding. *Advances in neural information processing systems*, 2022, vol. 35, p. 36479-36494. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en: [https://proceedings.neurips.cc/paper\\_files/paper/2022/hash/ec795aeadae0b7d230fa35cbaf04c041-Abstract-Conference.html](https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2022/hash/ec795aeadae0b7d230fa35cbaf04c041-Abstract-Conference.html)

SCHIAVO, Gianluca, et al. Attention-driven read-aloud technology increases reading comprehension in children with reading disabilities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 2021, vol. 37, no 3, p. 875-886. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jcal.12530>

SEGAL, Dorit. Sustained attention plays a critical role in reading comprehension of adults with and without ADHD. *Learning and Individual Differences*, 2023, vol. 105, p. 102300. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1041608023000444>

SERRANO, Will. Smart internet search with random neural networks. *European Review*, 2017, vol. 25, no 2, p. 260-272. [Consulta: 6 de junio 2025]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/313408173\\_Smart\\_Internet\\_Search\\_with\\_Random\\_Neural\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/313408173_Smart_Internet_Search_with_Random_Neural_Networks)

SHEPHERD, David. VR to Improve Focus in ADHD Students. *LSU Computer Science News* (2024) [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en:

[https://www.lsu.edu/blog/2024/10/01vr\\_adhdresearch\\_rh.php](https://www.lsu.edu/blog/2024/10/01vr_adhdresearch_rh.php).

SLATER, Mel; SANCHEZ-VIVES, Maria V. Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 2016, vol. 3, p. 236866. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: [https://www.frontiersin.org/journals/robotics-and-ai/articles/10.3389/frobt.2016.00074/full?utm\\_source=tomegenius](https://www.frontiersin.org/journals/robotics-and-ai/articles/10.3389/frobt.2016.00074/full?utm_source=tomegenius)

SPEED, Laura J.; EEKHOF, Lynn S.; MAK, Marloes. The role of visual imagery in story reading: Evidence from aphantasia. *Consciousness and Cognition*, 2024, vol. 118, p. 103645. [Consulta: 18 abril 2025]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053810024000126>

¿Tienes problemas en la escuela? Echa un vistazo a las herramientas de lectura para el TDAH no 1. [en línea], 2025. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en:

<https://www.mindgrasp.ai/study-aids/adhd-reading-tools>.

Top Large Language Models (LLMs): GPT-4, LLaMA 2, Mistral 7B, ChatGPT, and More. Vectara [en línea], 2023. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en:

<https://www.vectara.com/blog/top-large-language-models-llms-gpt-4-llama-gato-bloom-and-when-to-choose-one-over-the-other>.

UNIVERSITY, R., [2024]. Lack of visual imagery does not lead to less pleasure in reading, finds study. [en línea]. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en:

<https://medicalxpress.com/news/2024-02-lack-visual-imagery-pleasure.html>.

UpReader - Apps on Google Play. [en línea]. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en:

[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.swenco.handsfreereader&hl=en\\_US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.swenco.handsfreereader&hl=en_US).

VirtualBookViewer on Meta Quest. Oculus [en línea], 2018. [Consulta: 15 de mayo 2025].

Disponible en:

<https://www.meta.com/experiences/virtualbookviewer/2341468065880359/>.

- VRCoolReader APK for Android Download. APKPure.com [en línea], 2022. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en: <https://apkpure.com/vrcoolreader/vr.cool.reader>.
- VR EBook by XRev Studio. itch.io [en línea]. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en: <https://xrev-studio.itch.io/vr-ebook>.
- WANG, Wenjing, et al. Swap attention in spatiotemporal diffusions for text-to-video generation. *International Journal of Computer Vision*, 2025, p. 1-19. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11263-025-02349-y>
- WANG, Yaohui, et al. Lavie: High-quality video generation with cascaded latent diffusion models. *International Journal of Computer Vision*, 2025, vol. 133, no 5, p. 3059-3078. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11263-024-02295-1>
- WU, Zhao-Min, et al. The underlying neuropsychological and neural correlates of the impaired Chinese reading skills in children with attention deficit hyperactivity disorder. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 2024, vol. 33, no 11, p. 3979-3992. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00787-024-02422-w>
- XIONG, Zhexiao, et al. PanoDreamer: Consistent Text to 360-Degree Scene Generation. arXiv preprint arXiv:2504.05152, 2025. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2504.05152>
- XR Reader - AI Generated Graphic Novels in AR/VR [en línea], 2023. [Consulta: 15 de mayo 2025]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=fKGp-q2aRV8>.
- ZEMAN, Adam, et al. Definition: Aphantasia. *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, 2025, vol. 182, p. 212-213. [Consulta: 22 de mayo 2025]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39227264/>
- ZHOU, Daquan, et al. Magicvideo: Efficient video generation with latent diffusion models. *arXiv preprint arXiv:2211.11018*, 2022. [Consulta: 23 de mayo 2025]. Disponible en: <https://arxiv.org/abs/2211.11018>
-

## **Anexo A: Entrevistas realizadas**

En este anexo puede leerse la transcripción de las entrevistas realizadas a Paula Cuschnir y Donnie Sacristan. Además, puede accederse desde el enlace provisto en cada caso al archivo de audio o vídeo generado al realizar la entrevista en cuestión.

### **Entrevista a Paula Cuschnir**

#### **Enlace al audio de la entrevista: [Link](#)**

**Nicolás Irigoyen:** “Se va a transcribir. Te lo voy a mostrar después si querés. No quise mostrártelo para no spoilearte. Me llamo Nicolás Irigoyen. Soy estudiante de Ingeniería en Informática. Estoy acá para entrevistarte. ¿Te gustaría presentarte?”

**Paula Cuschnir:** “Me llamo Paula Cuschnir, soy docente y licenciada en Literatura en la UBA. Soy profesora de secundaria en el Colegio Marianista y coordinadora del área de Literatura.”

**Nicolas Irigoyen:** “Básicamente, lo que vamos a hacer hoy es una entrevista. Quiero abordar los distintos temas que quiero validar o discutir un poco. Y después voy a plantear la solución que tenemos planificada para estos temas. Tengo algunas preguntas pero quiero que sea algo más distendido, no quiero que sea algo súper formal.

Vamos con algunas preguntas que pueden ser un poco iniciadoras. ¿Cómo pensás, o cómo lo ves hoy en día...? ¿Cómo está la relación entre chicos y lectura? Entre niños, adolescentes, jóvenes, todo ese segmento. ¿Cómo lo ves?”

**Paula Cuschnir:** “Bueno, creo que los docentes somos mediadores de la lectura, pero hay algo que me parece indiscutible y que se ve en las aulas todos los años: los chicos que vienen de familias lectoras ya tienen ese espacio ganado; entonces, cuando uno les propone una lectura, son pibes que la van a seguir, que la van a hacer. Son mucho más fieles y pueden llevar adelante la lectura de todo el libro. Y cuando no está esa cultura lectora familiar, bueno, es un desafío para el docente lograr que el niño se apropie de los textos. En general, el adolescente lee. No podemos decir que el adolescente no lee. Está leyendo todo el tiempo en el celular. Y muchas veces no está leyendo literatura, porque en el celular hay quienes aprovechan y hasta editan, escriben, entran a Google o a otra cosa. Pero leer libros, ir a comprar un libro, seguir a un autor, eso es algo que hay que trabajar desde la familia y desde la escuela. Lo que noté hace muchos años, que yo podía confiar en que en mi casa se iba a leer —porque yo decía: “Bueno, para mañana leemos, ¿qué les pasó?”—, “Bueno, quedan tres capítulos para la próxima clase”. Y

ahora, si hago eso, sé que son pocos los chicos que van a leer para la próxima clase. Entonces, realmente necesito que la lectura sea en el momento de la clase. A diferencia de lo que pasaba hace unos años.”

**Nicolás Irigoyen:** “Perfecto. Y más allá de lo que es la lectura obligatoria, digamos. ¿Cómo ves a los jóvenes cuando se trata de leer por placer? ¿Leen por placer? ¿Qué leen, si leen? Porque capaz ni leen. ¿Cómo ves esa parte?”

**Paula Cuschnir:** “Tenemos jóvenes que leen por placer, sobre todo en este contexto socioeconómico y también en esta escuela. Cada vez son menos, lo cual nos preocupa. Pero los que leen por placer, bueno, especialmente leen novelas juveniles, temas de ese tipo. Descubren cosas como “este autor escribió esto, me gusta esta colección” y la siguen. Son fieles a eso. Y eso está buenísimo. Después hay quienes dicen no leer, pero están leyendo: los que leen comics. Tenemos mucho de eso también, y ellos mismos lo dicen: “No es literatura, es un cómic, está acompañado por la imagen” y demás. Entonces ahí se reconocen como lectores. Es un momento muy interesante. Y hay quienes sí leen clásicos. O sea, capaz te interesa saber qué pudo haber escrito Borges, o “leamos un cuento de Borges y busquemos otro”. En esa época yo tenía 37 años. No podía Googlear y encontrar rápido un cuento que me interesara. Y de repente eso empezó a pasar. Entonces, los que son lectores conocen todo eso. Saben cómo descargarse libros. Están al tanto. Y sí, tiene relación con la lectura. Tenemos muchos estudiantes que solo leen por cuestiones de la escuela, por obediencia: “Soy buen alumno” o “Soy alumno y no quiero meterme en problemas, así que leo esto” y no les interesa explorar, claro. Y después, bueno, tenemos a los que ni siquiera leen eso.”

**Nicolas Irigoyen:** “Ok, como que habría esos tres niveles entonces.”

**Paula Cuschnir:** Exacto.

**Nicolás Irigoyen:** “Ok. ¿Y pensás que hay alguna diferencia en... cuánto leen los varones? Dependiendo de la edad, del género, dependiendo de un montón de cosas. ¿O es más o menos general, este panorama que me diste? Es decir, ¿todos pasan por lo mismo? ¿O, por ejemplo, lo que mencionaste recién...? ¿Las chicas leen un poco más? ¿Los varones leen menos? Cuando crecen un poco más, ¿empiezan a leer más? ¿O, al revés, empiezan a leer menos?”

**Paula Cuschnir:** “No es siempre así. Hay más chicas que varones. Este año lo estamos haciendo de nuevo: hacemos talleres de escritura creativa. Se anotan muchas chicas y, de

repente, hay un grupito de varones que se engancha en un año en particular como influencia positiva.”

**Nicolás Irigoyen:** “Entendido, entendido. Una cosa más sobre esta introducción principal. ¿Cómo pensás que influye la obligatoriedad en la lectura? ¿Pensás que puede llegar a ser contraproducente forzar a un pibe que no le gusta, o pensás que es necesario que haya sí o sí una lectura?”

**Paula Cuschnir:** “A un adolescente, cuando lo forzás, lo desmotivás. Es una realidad. No lo voy a negar. Sin embargo, creo que nosotros, como lectores, tenemos... También es obligación proponerles a los pibes diversas lecturas de distintos géneros, autores que nunca leyeron por su cuenta, para presentarles ese mundo y ver a quién interpela. Y siempre alguien interpela. Por ejemplo, yo les propongo mucho: “Che, esto no van a leer nunca nada igual”. “Ya vas a ver que en dos semanas te va a gustar”. Pero hay que superar ese momento. Les traigo un poema, el pibe piensa “me chupa un huevo”. Y hay que tratar de romper con eso.”

**Nicolás Irigoyen:** “Hay que forzarlo un poquito al principio para que finalmente termine gustándole.”

**Paula Cuschnir:** “Exacto. Lo que más me gusta hacer es... para que no lo sientan tan obligatorio, aunque lo sea. Muchas veces, cuando escribo un texto es como muy atrapante. Empezamos a leerlo en clase. Me quedan diez minutos. Empezamos todos a leerlo, leemos en voz alta, en un momento paramos, discutimos, suena el timbre, “¿qué pasó?” “Lo seguí leyendo en mi casa y mirá lo que pasó”. Si no, les doy tiempo acá. Y hay muchos que lo siguieron leyendo en casa o lo llevaron al recreo porque les gustó. Entonces trato de no hacerlo tan obligatorio. Y no me apoyo tanto en esa lectura como me pasaba cuando yo era tu profesora: “sé que vos vas a leer un poco más”, pero ahora sos vos el que lo hace. Entonces... Muchas veces, para mí, la experiencia lectora es una experiencia compartida. Es una experiencia que se tiene que hacer en el aula y yo tengo que estar presente, ya sea para leer en voz alta, para que la entonación sea linda, o para leer rondas en voz alta y, de paso, practicar la fluidez. Que puedan leer en silencio y mirarme: “¿pueden seguir la lectura?” “No, no pueden”. “¿Qué les está frenando? ¿A qué velocidad leen?” Y eso es muy interesante. Cada vez que te das cuenta de que un curso lo leyó más rápido que otro, “¿y qué pasó ahí? ¿Por qué?” Siento que hay que...

Más allá de que tenemos mucha libertad en los programas, hay cosas que hay que ver. Y está la riqueza de...Y hay que leer textos que les interesen. También textos que nunca leerían. “

**Nicolás Irigoyen:** “Bueno, buenísimo. Ahora, un poco enfatizando esto último que dijiste: respecto de las dificultades, cuánta velocidad tienen, cuánto comprenden. Porque muchas veces no captan del todo la idea y tienen que verlo con vos, a lo mejor, tienen que releerlo, tienen que hacerlo muchas veces. ¿Cuáles pensás que son las dificultades más frecuentes? Es decir, ¿cuáles son los problemas más comunes que tienen los chicos?”

**Paula Cuschnir:** “Bueno, hay un problema que creo que todos tenemos, ahora que yo estoy a cargo de esto, que tengo más que antes: el tema de la distracción que uno tiene con los dispositivos, con los celulares. Pueden estar pensando en eso. Ahí tenés un problema de atención, como con la cabeza en otro lado. Cuando logran conectarse, hay muchos que, aun con el texto y sin el teléfono, sin pensar en el teléfono, les cuesta seguir el hilo. Especialmente si estamos hablando de un texto complejo. Por ejemplo, La metamorfosis. Hicimos mucha lectura en clase. Muchas veces los problemas son de vocabulario. Y para mí siempre es el problema más fácil de resolver: “¿qué significa esta palabra?” Pero es cierto que antes dudaban de tres palabras y ahora dudan de diez, y tienen que estar preguntando y parando todo el tiempo. Sí: no podés sacarla de contexto, hay palabras que no podés sacar de contexto. Muchas veces la estructura de la oración, si tenés una oración, acá me pongo un poco técnica, pero que no sigue el orden natural de la oración: tenés un sujeto elegido, tenés un comienzo con un circunstancial, tenés esas oraciones que estudiaste en tercer grado con Amelia, las incluidas, las que tienen una preposición incluida... Muchas veces se confunden por la estructura que tienen. Y después, bueno, la cuestión que le pasa a mucha gente, que esto de pronto es lo más general: dicen “bueno, venimos a clase por esto; lo leemos; pasó esto; ¿qué quiere decir? Porque esto ocurrió y esto apunta a algo”. Entonces el significado, el lenguaje connotativo, la metáfora... Encontrar el mensaje es difícil. Exacto. Entonces llegan y me cuentan el argumento, igual que yo lo leí: “¿qué quiere decir? ¿qué quería decirme?” Claro. Me pasó en quinto año. De casualidad, este año me puse enferma y tuvieron que leer el final del texto, pero como que me dijeron “tuvimos que leerle otra cosa” y “no, no es solo esto, ¿entendés?” “No, no es solo esto”. Eso es lo que hacemos nosotros, como docentes, como mediadores. Yo siempre les digo... Ayuda que vos pensaste mucho en eso. “Es un cuento” y ahí siempre sale alguien que dice algo y los demás

miran “sí, pasó en ese lugar” y son ellos los que lo construyen. Lo que yo hago es unificar las voces: “lo que dijo tal, tiene razón, lo captó” y “bueno, le decimos a todos eso”.

Eso también está bueno, porque genera comunidad, digamos, al menos por un rato; trabajan juntos para encontrar la solución a lo que no entienden. Por ejemplo, “¿qué pasó con estos pibes?” “Sí”. Se lo contamos, de hecho. Es la comunidad de lectores. Por eso para mí las actividades en las que los pibes, no sé, leen algo que no se retoma después... Yo leo un cuento y en ese momento no lo retomamos. Ese cuento te quedó. Si lo leíste, capaz te enriqueció como persona y si te gustó el cuento, pero no lo compartiste. Y para mí no vinimos acá a eso. Porque eso lo podés hacer en tu casa, y ojalá lo hagas en tu casa. Y yo hago eso todo el tiempo, como persona, porque también me gusta leer. Pero acá vinimos a relacionarnos y a mostrar que capaz el compañero de al lado pensó algo que yo no pensé. Y bueno que podamos socializarlo. Y aparte, cuando armamos los programas elegimos obras que dialogan entre sí. Entonces, tenemos una guía lectora: “No voy a hacer que leas esta novela sin que la hayas leído antes. Por ejemplo, en el caso de esta novela en particular, sin que hayas leído Don Quijote el año pasado”. Y traer, ¿no? Y poder unir eso.”

**Nicolás Irigoyen:** “¿Y pensaste alguna vez en usar la tecnología de alguna manera para mejorar esta relación? Porque hay un poco de distancia entre muchos pibes y lo que es la lectura. ¿Sí? O bueno, lo que vos me estabas contando, un poco de la conclusión que saco: hay muchos chicos que tal vez leen porque tienen que leer. Otros ni siquiera quieren leer, aunque tengan que leer. ¿Pensaste o implementaste alguna vez, capaz ya hiciste algo con tecnología de alguna manera, o con alguna herramienta externa, para mejorar esa relación, para acercarlos, para hacer que quieran involucrarse más?”

**Paula Cuschnir:** “Admito, y siempre me lo digo a mí misma, que tengo una deuda: tendría que saber más de tecnología para poder hacer lo que hago. Me gustaría aprender mucho más. He hecho cosas básicas y siempre estoy abierta a ver qué otros tipos de preguntas hay. Por ejemplo, me ayuda mucho —y esto fue algo que yo no tenía antes— el apoyo visual: si estoy leyendo algo, muchas veces los pibes necesitan esta pregunta súper concreta que se proyecta, que sea para todos, que pueda tomar ese espacio así. Es una oración, porque no la encuentran rápido. No sé si trabajaste, si tuviéramos diferentes ediciones del libro y pudiéramos sostener ese tipo de actividad. Entonces, bueno, mucho de esto —que ahora va a venir con poesía—, bueno, si te gustó esta poesía, en esta página, en este lugar, si buscás ahí encontrás algo que se relacione,

algo que vaya con tu interés y demás. Y ahí, bueno, los engancho para que sepan dónde buscar con ciertos juegos recomendados. Uso tecnología ahora, en los últimos años, especialmente con el tema de la poesía; trabajo mucho con el recitado. Y es medio terrible, ¿sabés? La recitación es mucha exposición: estás frente a todos, muy vulnerable; te pueden cargar, no te pueden cargar. Pero les pido que se filmen recitando o que piensen de manera creativa, haciendo un video para representar, para... Entonces tenés que aprenderlo, tenés que pensar cómo lo vas a grabar, cómo lo vas a hacer efectivo, cómo lo vas a interpretar. Y ahí apela a mucho más que solo leer en voz alta o memorizarlo. Ni siquiera quiero que lo memorices excepto algunas partes. Entonces, usar la tecnología como un... como un desencadenante. Pero entiendo que tendría que informarme más. Entiendo que es una deuda.”

**Nicolás Irigoyen:** “Y algo que está en todos lados hoy: que todos los chicos usan. ¿Qué es la Inteligencia Artificial? Es decir, GPT, todas estas herramientas de IA. ¿Pensás que puede ayudar? ¿Pensás que, al contrario, puede empeorar la situación? ¿Pensás que puede sacarlos del proceso de pensamiento y darles una respuesta fácil o que puede ayudarlos?”

**Paula Cuschnir:** “Me han sugerido trabajar con IA, pero no lo hice y es una deuda. Es el tema de la IA leyendo ciertas preguntas para mí. Y ayuda que, de repente, ellos, con sus textos, con lo que crearon, cuando escuchan esa lectura que hace la IA, puedan ver aciertos y errores. Me lo propusieron. Me parece bueno. Quiero implementarlo este año. Quiero ver cómo, cómo encontrarle la vuelta. Es algo que tengo anotado, como las actividades que quiero hacer con los chicos. Me pasa que, bueno, ChatGPT me da un poco de miedo: esta cosa de que... Nunca piensen en la tecnología otra vez. Si lo pongo de manera extrema, lo pongo así. Pero entiendo que en realidad, y conozco gente que lo usa para bien, ayuda a mejorar un montón de cosas, sobre todo a los que trabajan con computadoras, con diseño, y te cuentan que les resuelve un montón. Si no aprendés a usarlo, lo que podés hacer es enseñarles a usarlos. En ese sentido, sí. O muchas veces, sí: les pedí que le pregunten algo a la IA. No sé el contexto de la clase, pero traté de completar los huecos, traté de entender lo que la IA quería decirme. Hice ese tipo de actividades. Siento este miedo de que saque su libertad de pensamiento y piensen que todo está resuelto. Me da miedo eso. Pero es lo que es, es lo que va a ser y es lo que uno tiene que aprender a manejar. Así que creo que lo tengo que traer al aula y que pueda ser beneficioso en el sentido de que...”

**Nicolás Irigoyen:** “Puede ser un ejercicio interesante pero con ciertos límites.”

**Paula Cuschnir:** “Claro, exactamente”

**Nicolás Irigoyen:** “Bueno, buenísimo, ahora te voy a presentar lo que vamos a hacer. Como te dije antes, lo repito para que quede en la entrevista también: estamos haciendo un proyecto de tesis final y queremos resolver dos problemas principales. Uno es un poco más de nicho, que es la fantasía. Hay un espectro de gente que no puede imaginarse cosas, no puede visualizarlas en la cabeza. Y creemos que eso puede ser un gran problema, sobre todo para los varones, porque un chico necesita estar involucrado, necesita ver cosas para que lo motiven. “

**Paula Cuschnir:** “Perdón, hago un comentario. No sabemos qué va a pasar. Puede ser bueno o malo, y vas a tener que actualizar el modelo de situación. Al menos vas a tener que hacerlo dos veces. Si estás leyendo una novela, vas a tener que hacerlo, diez millones de veces. Exacto. Entonces ahí ni siquiera podemos tener una situación inicial. No sé cuánto leíste sobre la comprensión lectora, sobre los modelos, sobre los diferentes modelos que existen, pero ya se rompe así, que eso sería como la segunda instancia. La primera instancia es más sobre el acceso, más sobre los antecedentes, más sobre el vocabulario. La segunda instancia atraviesa eso y después viene la metacognición.”

**Nicolás Irigoyen:** “Ok. Bueno, lo estamos encarando desde ese lado porque, basados en estudios que leímos sobre Argentina, no hay muchos, pero hay algunos a nivel mundial. Lo particular de la fantasía, o al menos lo que muestran los estudios, es que no perjudica la comprensión del lector, sino más bien la conexión sentimental. En mi opinión, va de la mano con la comprensión lectora. Si estás leyendo un libro y no sentís nada... Si es ficción, ¿viste? Si no es ficción, está bien. Pero si es ficción, si no te sentís involucrado en la trama, a mí me cuesta. Eso es lo primero. Por otro lado, el segundo problema son los problemas de atención; especialmente el TDAH. Hoy en día, con los celulares, con todos los dispositivos, con internet, con TikTok, con todo, queremos todo ahora. Y nuestra percepción es que hay cada vez menos tiempo para meterse en un libro. La gente piensa que hay menos tiempo. Hay el mismo tiempo... Pero la gente siente que hay menos. Sí, sin duda. Además, tenés el diagnóstico de atención y los que no lo tienen, claro. Y es difícil, en serio. No creo que sea normal que alguien vaya al médico para que le den TDA; al menos eso fue lo que encontramos. A veces hablamos del sobrediagnóstico, etc. “¿Los chicos terminaron todos con algo?” “Bueno, capaz. Capaz que tenían algún problema.” “¿Cómo trabajamos? ¿Cómo podemos abordarlo?””

**Paula Cuschnir:** “Estamos dando clase con pibes que claramente lo tienen, pero no lo saben. Y se los señalás, ves que no te siguen con la mirada, ni siquiera pueden acompañar el ritmo promedio; imaginate si llegan a la parte más alta. Y sí, hay un problema serio. Investigamos sobre esto y creemos que es lo más importante de los dos. La fantasía es un nicho, es el 6% de la población mundial. Es un número chico, pero el problema de atención es mucho mayor. No hace falta tener un trastorno; solo tenés que ser una persona que está distraída en un momento particular de su vida. Entonces, para resolver esto, o al menos mitigar esto, lo que proponemos es una aplicación de realidad virtual en la que subís tu libro. Subís un PDF o un EPUB, cualquier formato, y aparecés en una sala donde tenés el libro. Y básicamente es una sala para que leas. Hay algunas cosas específicas que se hacen ahí, como que el formato de la sala cambia según el género del libro para meterte más en la historia. Te doy un ejemplo: si estás leyendo algo de fantasía, digamos que estás en un castillo. Esto, en nuestra opinión, puede ayudar un montón a que te concentres en el libro. Porque estás ahí, no podés agarrar el teléfono y mirar, no podés hacer un montón de cosas. Pero estás ahí, tenés el libro, estás tranquilo, podés poner música o no, según lo que quieras. No te van a llegar notificaciones. No, de verdad. Eso me pasó cuando lo leí en la tablet: no me llegaron notificaciones. Tengo el libro gratis, pero ahora me distraigo; no puedo concentrarme.”

**Nicolás Irigoyen:** “Bueno, con lo que planteamos te aislás un poco del teléfono, te aislás un poco del afuera. Pensamos, para el futuro, que también puede ser colaborativo, o sea, que puedas estar con tus amigos en una misma sala leyendo juntos; por ejemplo, para distanciar personas que no están juntas, pero que puedan estar en una suerte de metaverso. Pero también para ayudar a motivar la lectura en esos temas que me contaste y que, sobre todo los jóvenes y muy fuerte en el lado de la fantasía, necesitan ver cosas, necesitan tenerlas ahí. Entonces, para esto... Tenemos la idea de generar diferentes imágenes de los personajes: por ejemplo, hacemos un retrato de cada personaje, le damos una descripción.”

**Paula Cuschnir:** “¿Lo hacés vos o lo puede hacer el lector?”

**Nicolás Irigoyen:** “Lo hace automáticamente, pero se pueden definir ciertos parámetros.”

**Paula Cuschnir:** “Porque eso de golpe obligaría al lector a tener que hacer una lectura activa.”

**Nicolás Irigoyen:** “Ok, buen punto. Lo vamos a tener en cuenta, quizás lo podemos agregar de alguna forma. Porque nuestra idea es generarlo automáticamente y también generar escenas del

libro: generar una imagen o una escena 360°, en la que estés en un momento clave del libro, podés estar ahí y ver las cosas que pasan. Y que tengas un asistente de lectura que te ayude si dejás un libro, por ejemplo. El caso que yo siempre pongo: que a veces por el laburo no puedo leer todo el tiempo y dejo un libro por un mes. Y cuando vuelvo, capaz que ya no me acuerdo de todo. Tenés un resumen. Le pregunto qué personaje conocía, qué había pasado hasta ahora, que no te dé spoilers porque ahí nadie te arruina nada. Pero, sobre todo, que te ayude con vocabulario, que te ayude con cosas que capaz no entendí: “No entendí este pasaje en particular, ¿me podrías ayudar a comprenderlo?” Cosas así, que permitan a la persona involucrarse un poco más y, quizá, facilitar, porque está facilitando un poco la lectura. Pero para que la gente empiece a volver a entrar, porque, como dijimos, hay un descenso. Entonces, el primer paso sería que vuelvan a entrar y después empezar a complicarlo lo máximo posible.”

**Paula Cuschnir:** “La propuesta está buena, pensando sobre todo en esos alumnos, no en el lector. Porque el lector, el que lee mucho, te va a decir “a mí me gusta más”, sí, claro. Y eso nos puede ayudar porque muchas veces, no sé, leo un libro o le hago un corte y digo...Entonces digo “acá te presté atención”. “No es que me odies, es que no te gusta el formato que propongo. Y cuando te pido que pienses en el juego, no pensás en el juego.” Siento que le va a servir a los que se sienten más inclinados a participar: el que ya lo entendió, el que se quedó con ganas al final porque esperaba otra cosa, el que lo compara con el que leímos antes, y el resto que no le prestó tanta atención a mí y después se pierde, y el que no lo entendió, y el que sí lo entendió. “No pude entenderlo.” Tiene que ver con la educación, con que podés tener conocimientos previos, con que tenés que tratar de seguir trayectorias. Hay un montón de cosas que hacen que te cueste más. Antes no tenía ninguna. Entonces, ¿cómo leemos a Borges? Claro. Es muy difícil. “Claro, no, lo tengo por adelantado.” Está complicado, pero es cierto, está bueno, está bueno.”

**Nicolás Irigoyen:** “¿Y un poco cuál es tu mirada para mejorarlo?: ¿qué partes te parecen las más interesantes o las mejores? ¿Y qué partes te parecen que pueden mejorar o que deberían cambiarse? Ya hablamos un poco de esto, pero para ponerlo más así, en la puntuación”

**Paula Cuschnir:** “Para mí, que pueda llegar a ser una experiencia compartida es algo que siento que suma. Porque si le decís al que molesta en clase que, con el otro que molesta en clase, “¿pueden los dos estar en la misma clase?” Se trata de la lectura y la aplicación te va a hacer leer, y no es que “ah, me voy a separar”, es como “voy con mi amigo”, ¿entendés? Entonces, de repente, siento que esto suma al tema de lectura comunitaria, que es lo que buscamos en la

escuela. Obviamente yo hago lectura comunitaria. Ojalá mis alumnos salgan al mundo y lean por placer cuando ya no tengan la obligación de hacerlo. Ojalá que sí. Y que aunque estén estudiando otras carreras piensen en la diferencia de la lectura.”

**Nicolás Irigoyen:** “Genial. Sí, ese es el objetivo.”

**Paula Cuschnir:** “Pero yo tengo que ser la comunidad acá, tengo que asegurar que todos podamos llegar a ese lugar. Y es interesante cómo a veces con un curso llego a un lugar y con otro llego a otro, porque, bueno, son las necesidades del curso y lo que pasó. Otra cosa que me parece que suma —bueno, ya lo dije— es que es una lectura activa. Entonces, está ahí para asistir, pero para chequear todo el tiempo que el pibe realmente lee. ¿Y cómo lo chequeás? No tenés que tener un cuestionario que se parezca a un... Creo que la idea es salir de ese lugar. Si no, hagamos una imagen desde otro lado: “¿cómo lo harías?” “¿Te gusta la imagen? Muy bien. ¿Cómo decís que es ahí? ¿O ponés opciones, de repente? Algo más interactivo.” En clase hablamos de lectores activos versus lectores pasivos. Hablamos de los parques que visitamos: “este es un lector pasivo, porque lo mata, porque no se dio cuenta de que era el protagonista de la novela, y estaba bien en la sala de lectura; no, tenías que levantarte, mirá quién está detrás tuyo”. Entonces, un poco con ese juego. Y después vemos un video, otro video que lo acompaña, de otra cosa que podamos relacionar. Bueno, el lector tiene que hacer algo; el lector no solo está pasando. No sé, le podés preguntar si está de acuerdo o no. Uso mucho eso. Creo que es una dinámica más de jóvenes: les pregunto “¿qué creen que va a pasar?” y les encanta el momento en que vemos qué pasó. Y siempre tengo al que me dice “ah, me adelanto un poco”. “Bueno, callate, spoiler”. “Bueno, ahí estás, no ahora.” Entonces, “¿cómo se rompió esa hipótesis? ¿Por qué no pasó eso? ¿Por qué al autor le gustó tanto la hipótesis? ¿Por qué el autor puso este título y podría haber puesto otro?” Y bueno, investigamos. Creo que todo este tipo de actividades las podés marcar, son actividades que podés considerar y que no necesariamente... “Oh, tiene nota o algo”. Debería ser más relajado e interactivo: “¿qué querés hacer? ¿Querés escribir como si fueras la persona que está acá? No sé cómo era ese castillo, pero te voy a dar uno de tres, elegís.” “Bueno, elegí el que te guste. Lo leí cuando era chico.” “Bueno.” “Pero tengo que elegir uno, ¿viste?” “Claro.” Ahí está otra vez esta cosa que, para evitar esto, veo a muchos pibes que están así o que están leyendo.”

**Nicolás Irigoyen:** “Perfecto, lo anoto todo, y para cerrar: si tuvieras esta solución mañana, ¿la probarías?”

**Paula Cuschnir:** “Sí, la probaría. Te la podría traer cuando empecemos a desarrollarla, cuando ya tengamos un prototipo para que pruebes, para que un pibe pruebe si querés también. Sí, la probaría. También tenemos géneros distintos, edades distintas, porque eso también es algo que tenés, creo, en términos de cuán fácil te distraés, más o menos, según la moda. No es lo mismo, por ejemplo, quinto grado muchas veces. Pero todo lo que ayude a mantener la atención es algo que va a colaborar, porque es lo que conspira contra la lectura y contra todo lo demás.”

**Nicolás Irigoyen:** “¿Alguna recomendación que quieras hacerme a mí y a mi compañero que no está acá, pero que también forma parte del equipo? ¿Y qué tenés que hacer? Porque esto es un tema muy amplio.”

**Paula Cuschnir:** “Seleccionaría qué libros trabajar y me fijaría en distintas variantes, distintos géneros, de repente. Pero siempre intentando que no sea muy fácil. Me voy con algo un poco más... no sé, tranqui, firme, no sé, fantástico. Me voy con Cortázar. Puede ser difícil o no, según la persona. Entonces probaría distintas cosas y también lo miraría. Obvio que tienen que ser textos que te gusten. Sí. Empezaría por ahí, pero no sé, capaz algo más natural, más realista. La ciencia ficción tiene mucho que ver con la tecnología, con los celulares, y eso es lo que te hace sentir que estás en una película de ciencia ficción. Si tuviera que elegir qué hacer con la experiencia, definitivamente me iría con ciencia ficción, con una experiencia muy vibrante. O sea, te voy a tirar a ese tipo de... Entonces siento que si empezás a leer lo que te gusta y leés lo que varía para vos, para poder entrar, en términos de estadísticas, “bueno, acá funcionó hasta ahora y por qué”.”

**Nicolás Irigoyen:** “Ok, ok, bueno, muchas gracias. Y probá. Sí, ¿qué más? Lo que tenés que hacer es, no sé cuándo vayas a tener esta posibilidad, pero antes de arrancar, leéle esto a alguien que tenga 15 años: “Si lo leés, te digo, ‘¿qué opinás?’ Porque cuando lo leés, desde tu edad, desde tu conocimiento, desde quién sos, vas a encontrar que lo que puede ser difícil para vos no necesariamente es difícil para un pibe.”

**Paula Cuschnir:** “Lo primero que digo es que tengo una compañera que está empezando a ser docente y lo primero que le dije fue “nunca pienses que sos el estudiante, porque cuando vos eras estudiante, vos venías bien muchos años y el pibe no venía bien”. ¿Entendés?”

**Nicolás Irigoyen:** “Perfecto. Tomemos nota. Muchas gracias.”

**Paula Cuschnir:** “De nada. Te aviso. Te aviso. Por favor. Obvio. Te voy a mantener al tanto de cada paso que se dé. Después, cuando tengamos algo para probar, puedo venir y probarlo. Muchísimas gracias.”

**Nicolás Irigoyen:** ”Gracias a vos.”

### **Entrevista a Donnie Sacristan**

**Enlace al video de la entrevista:** [Link](#)

**Nicolás Irigoyen:** "Bueno, nada, arrancamos ahora. ¿Cómo te va, Donnie? Me llamo Nicolás Irigoyen, nos presentamos así para que quede un poco en el transcript y en la grabación. Me llamo Nicolás Irigoyen, estamos haciendo una tesis, un proyecto final de ingeniería acerca de un par de cosas que ahora vamos a hablar, pero primero presentate, así."

**Donnie Sacristan:** "Hola, hola, Nicolás, mi nombre es Donnie Sacristan, tengo 43 años, soy de Colombia y hace 17 años vivo acá en Argentina."

**Nicolás Irigoyen:** "Buenísimo. Bueno, como te decía, estamos haciendo un proyecto final, una tesis, acerca de lectura inmersiva en realidad virtual. Y llegué a contactarme con vos debido a que uno de los targets principales de nuestra herramienta es la afantasia, sí, la gente con afantasia. Y por lo que me comentaste, por lo que pudimos charlar, vos parecería que la tenés, ¿sí? Pero bueno, vamos a empezar a hacer algunas preguntas, vamos a ir pasando por algunos temas y nada, para arrancar así... tranqui, te voy a preguntar acerca de tu experiencia general con la lectura. Es decir, ¿cómo describirías tu experiencia al leer? ¿Te gusta? ¿Ves las imágenes? ¿No las ves? ¿Ves parte de las imágenes? ¿No ves nada? ¿Cómo es?"

**Donnie Sacristan:** "A grandes rasgos, me cuesta mucho, sobre todo la parte de concentrarme y tratar de visualizar lo que el escritor plasma, ya que no puedo, con lo que indican los libros, no alcanzo a hacerme una imagen. Para mí es muy difícil imaginar lo básico como un color y ya ni hablemos de lo que sería una textura; así que cuando el libro es muy descriptivo, para mí es aburrido. Mi mente sigue en blanco, yo solo veo la letra, no puedo hacerme la imagen que el escritor detalla en las páginas del libro. El libro tenga fotos y tampoco puedo poner color a esa foto, me da esa imagen y a partir de ahí trato de armar con esa imagen o esa ilustración que tenga el libro. Así que se me complica, por eso a veces me cuesta seguir un libro o que me resulte entretenido."

**Nicolás Irigoyen:** "Ok, ¿y no llegaste a visualizar nada, nada de nada? Y entonces, a pesar de esto, ¿vos disfrutás leer?"

**Donnie Sacristan:** "Leer por ocio es algo que no voy a hacer porque no me sirve y no lo disfruto, pero hay momentos en los que tengo que hacerlo por el trabajo. Hay lecturas que sí, por ejemplo los libros de Sherlock Holmes, sí, de detectives; pero ahí no hay que imaginar mucho, lo que pasa es que como escribe un delito y van haciendo como rompecabezas, mi mente trabaja en el rompecabezas y trato siempre de ver, no visualizar, sino ver el final o tratar de descifrar quién es el malo, digamos, o el culpable."

**Nicolás Irigoyen:** "Claro, no te enfocas tanto en el mundo, sino en la lógica de descifrar el misterio."

**Donnie Sacristan:** "Exacto, entonces ese tipo de libros no tengo problema, pero por ejemplo El Señor de los Anillos o los libros de Game of Thrones, que son muy descriptivos; entonces empiezo a cabecear ahí."

**Nicolás Irigoyen:** "Eso es complicado. Ok. Y... ¿Podrías explicar de alguna manera? Porque, por ejemplo, para mí es difícil imaginar lo que a vos te pasa. ¿Podrías explicarlo de alguna manera? Es decir, vos cuando cerrás los ojos y yo te digo, 'imagina una casa', ¿ves completamente negro?"

**Donnie Sacristan:** "Negro. Y lo máximo que puedo hacer es llegar al blanco; no puedo ni colores, ni siquiera visualizar un color. Si cierro los ojos y te digo 'imagina azul', no, es blanco y negro."

**Nicolás Irigoyen:** "Y algo que quizá no es tanto visual, pero podés llegar a... a pasarte también. A mí me pasa, por lo menos, y a mucha gente también: el tema de tener como una voz interna o narrador interno, una voz que te cuenta la historia."

**Donnie Sacristan:** "Eso sí. Leer con la voz mental, digamos. Claro. Sí, eso sí. De hecho, en algún momento leí que era un problema y traté de corregirlo, pero sigue; porque, por lo que leí, eso bajaba mi velocidad de lectura y también mi capacidad de entender, porque es como que estoy leyendo dos veces. Pero nunca pude sacar ese narrador que está."

**Nicolás Irigoyen:** "Ok, y un poco de la mano con esto último que dijiste sobre la comprensión y sobre la calidad de la lectura, de lo que vas leyendo: ¿creés que, o bueno, sentís que el no

visualizar las cosas afecta a tu comprensión en la lectura? ¿Qué es lo que sentís que te afecta de manera negativa, además de que capaz no te da tanto interés? ¿Eso te perjudica?"

**Donnie Sacristan:** "Sí, porque hay detalles que paso por alto; al no poder visualizar toda la imagen —o sea, al no poder visualizar nada—, digamos que si pudiese visualizar, tendría la posibilidad de centrarme más en el detalle. Cuando empieza a haber toda esa información y yo no puedo imaginar nada, es como que empiezo a darle rápido: pasar, pasar, pasar."

**Nicolás Irigoyen:** "Claro. Y capaz que te salteás cosas y ahí ya perdés un poco el hilo."

**Donnie Sacristan:** "Sí, o mientras estoy leyendo empiezo a pensar en otra cosa porque... me fui, me perdí; me pongo a pensar en, no sé, ahora tengo que hacer el almuerzo, tengo que sacar al perro, entonces mi mente vaga y ahí ya me perdí totalmente del libro."

**Nicolás Irigoyen:** "Ok, o sea, además de perjudicarte en lo que es la lectura, podemos decir, o bueno, en lo que es la imaginación, también te perjudica en lo que es la comprensión, a veces."

**Donnie Sacristan:** "Sí, la atención, sí, y de hecho a veces, para leer, lo que hago es poner música fuerte."

**Nicolás Irigoyen:** "Eso te iba a preguntar..."

**Donnie Sacristan:** "Como para centrarme un poco, para que lo de afuera no me perjudique tanto."

**Nicolás Irigoyen:** "Eso te iba a preguntar: ¿tenés alguna estrategia propia para solventar estos problemas que tenés, para compensar el no poder ver las imágenes y quizás no distraerte?"

**Donnie Sacristan:** "Tiene que ser música sin letra, porque si no empiezo a tararear la letra y me voy en la canción. Entonces, no sé, música clásica o bandas sonoras, pero que sea solo instrumental."

**Nicolás Irigoyen:** "Además de perjudicarte en lo que es la comprensión, en lo que es seguir el hilo y todo esto: ¿creés que también puede perjudicar tu conexión con la obra? Tu conexión sentimental, por ejemplo. A mí me pasa un montón que siento que conecto con los personajes, pero capaz que alguien que no los puede ver o que no puede hacerse los personajes, que no puede imaginar una situación así, real, o bueno, por lo menos en su cabeza, entiendo que quizás pueda... perjudicar esto. ¿Vos qué pensás?"

**Donnie Sacristan:** "No, totalmente. No hay conexión porque no lo visualizo; o sea, no pasa de ser letritas. Entonces a veces digo: ‘¿cuál era este?’, entonces no sé, si digo ‘es el rubio’ o algo así. Podría, pero no, no se me viene la foto del personaje, digamos. Entonces es: ‘¿cuál era este?’ Tengo que volver y ver dónde aparecía; es el hijo de tal. Pero no puedo decir: ‘ah, es el que tiene el pelo rubio’. Eso no."

**Nicolás Irigoyen:** "Ok. ¿Y usás, o alguna vez lo hiciste, apoyos externos, como por ejemplo buscar en Google una foto de cada personaje? ¿Alguna vez probaste hacer algo así?"

**Donnie Sacristan:** "No, lo más parecido que me pasó fue con Naruto, en el anime, y después ir al manga, y ahí, con los dibujos y lo que había visto, me acordaba del manga —del anime, perdón—, y lo que leía en el manga. Pero no es que yo veía los colores, sino que me acordaba de lo que había pasado."

**Nicolás Irigoyen:** "No generabas algo nuevo, sino que te acordabas de lo que ya habías visto."

**Donnie Sacristan:** "Exacto, me acordaba de la animación y ahí decía: ‘ah, esta es esta parte’, que hace ese mapeo. Pero no es que mi cabeza dibujara y viera esos colores; es un recuerdo, no una generación."

**Nicolás Irigoyen:** "Claro, ok. No generarás contenido, entre comillas, nuevo, sino que te acordás de lo que viste en su momento."

**Donnie Sacristan:** "Exacto. Bueno, hablando de los recuerdos, eso también es un tema, porque me dicen: ‘¿te acordás de que fuimos a la playa y estaba de noche?’ y yo... no me acuerdo, porque no lo imagino. Cuando me acuerdo de algo es por alguna situación específica, no sé —se rompió Pepita una pierna—. Entonces sí, ahí sí lo engancho. Tiene que haber algo muy específico para poderme acordar. Pero de cosas como ‘la noche estaba estrellada’, no, no lo puedo traer, no lo voy a recordar fácil."

**Nicolás Irigoyen:** "Ok, entonces trasciende la lectura, también a lo que son los recuerdos; te perjudica hasta cierto punto."

**Donnie Sacristan:** "Sí, de hecho, cuando estudiaba en el colegio, un primo me decía, ‘estábamos estudiando biología, los sistemas respiratorios’, y me decía: ‘usted se imagina el pollito o el animal y empieza a recorrer, y te consta facilísimo cómo imagino el pollo; entonces

será el tema' y ese tipo de cosas. Yo he buscado otras formas de... yo lo memorizaba con canciones, no con imágenes, porque nunca pude con imágenes."

**Nicolás Irigoyen:** "Complicado. Veo que... complicado. Bueno, ya teniendo en cuenta todo esto... quiero hacer un poquito más de hincapié. Está bien, hablamos un montón de lo que te afecta, de cómo te afecta, para hacer un resumen así: no te gusta leer por estos temas, principalmente porque no podés conectar, porque no podés visualizar las cosas y, muchas veces, no podés mantener la atención debido a esto; no podés seguir el hilo sin que divagues en algo. Principalmente, esto pasa por la afantasia. Ok. Te pregunto también, ¿sentís que tenés algún trastorno de atención? ¿Alguna falta de atención o que eso te lleve a pasar? Porque la aplicación o la solución que vamos a plantear, que ahora te voy a contar un poco, está enfocada principalmente en estos dos targets. Vos ya formás parte de lo que sería el target de afantasia, pero capaz que también puede incluirse en lo que es atención, porque también estuvimos hablando un poco de atención, ¿no?"

**Donnie Sacristan:** "Sí, nunca me fui a que me diagnostiquen, pero creo que sí, porque ha pasado en la... la situación de Homero, que dice 'ese perro mueve la cola', me ha pasado varias veces. De hecho, una vez que me acuerdo mucho fue cuando éramos novios, con quien ahora es mi esposa, y me venía hablando y me decía: 'te pierdo muy fácil; pasa una mosca y te me vas', y efectivamente, pasaba una mosca y yo me iba con la mosca, y ahí estábamos de risa. Pero ese tipo de cosas me pasan. A veces estoy viendo vídeos de trabajo en otro idioma, entonces estoy leyendo el texto del video, me acuerdo de algo, me voy para ese algo y después al rato vuelvo al video. Sí, me pierdo muy fácil con cualquier cosa."

**Nicolás Irigoyen:** "Sí, y es un poco lo que le pasa a la mayoría de la gente, que capaz que no va a hacerse el test porque no está tan naturalizado todavía —ahora está mucho más naturalizado que antes—. Bueno, entonces formás parte un poco del target justo para lo que te voy a plantear ahora. Ya te lo conté fuera de lo que es la entrevista, pero te voy a contar un poco de lo que tenemos planteado y después te voy a hacer unas preguntas, ¿sí?"

**Nicolás Irigoyen:** "Nosotros lo que queremos hacer es... y bueno, que estamos haciendo; ahora estamos terminando la fase de lo que es la investigación de mercado, el marco teórico y demás. Planteamos una aplicación de realidad virtual para leer, es decir, vos te ponés el visor de realidad virtual y vas a estar en un cuarto. En este cuarto vas a tener los libros que cargues, para

que puedas leer, y el cuarto va a cambiar según el género del libro que vos leas. Es decir, si tu libro es de, como dijiste que te gusta, Sherlock Holmes, de policial o misterio, vas a estar, por ejemplo, en un cuarto tipo policial noir, el típico que aparece el detective con el sombrero. Por ejemplo, si es algo de fantasía podés aparecer en un castillo; si es algo de ciencia ficción, podés aparecer en una nave espacial, cosas por ese estilo. Y dentro de este ambiente vas a tener distintas herramientas que te ayuden; por ejemplo, vas a tener todo un panel en el cual veas imágenes de los personajes para que puedas darles una cara, para que puedas entender cómo son; y que tengas una descripción breve de ellos, sin hacerte spoilers, ¿no? Para que puedas meterte un poco más en la historia. Vamos a generar también imágenes 360° de las principales escenas del libro para que puedas meterte y estar en esos lugares, en esas ocurrencias. Y también, por último, vamos a tener un chatbot que te va a ayudar, por ejemplo, si no entendiste alguna palabra o si dejaste un libro porque, me pasa a mí, leo de camino al trabajo; hay veces que no puedo leer, hay veces que lo dejo porque no me dieron ganas y en un mes vuelvo al libro que ya iba por la mitad y no me acuerdo dónde estoy, ¿no? Pero con un chat o con un asistente le podría decir qué pasó en el último capítulo, que no me acuerdo, y que nos haga un resumen específico de todo esto. Esos son principalmente los puntos que tiene esta aplicación, que yo creo que podría ayudarte, pero quiero tener un poco tu opinión. ¿Qué te parece esto? ¿Te llama la atención? ¿Creés que te podría resultar útil, o no? ¿Capaz que decís, ‘para mí específicamente no es’, ‘podría servir’, ‘podría no servir’? ¿Qué pensás?"

**Donnie Sacristan:** "No, para mí resultaría muy útil, porque la experiencia de poder leer y visualizar... o sea, está muy buena. Sobre todo lo que te comentaba, que cuando describen un lugar y no poder estar ahí hace que te pierdas del libro y, como te dije, de los detalles; porque cuando son libros tan descriptivos, son muy detallistas. Entonces, si ya podés visualizar eso, va a cambiar la percepción que tenés del libro. Y si a eso le sumo que, además, no tengo que cortar y buscar en el diccionario, sino que voy a tener un asistente —no sé cómo lo van a implementar—, le guiño el ojo y me saca en otro contexto la definición de la palabra, está muy bueno. Así que muy interesante, la verdad."

**Nicolás Irigoyen:** "¿Y de todo lo que te planteé de esos tres temas principales, cuál creés que es el más interesante o el más útil?"

**Donnie Sacristan:** "Para mí, el más útil es el de la visualización del contexto del libro, de las escenas. Poder desarrollar la escena ahí en ese cuarto virtual, digamos. Poder recorrerlo, ya sea

en una panorámica o en medio, pero poder visualizar lo que estoy leyendo; eso sería lo más útil para mí."

**Nicolás Irigoyen:** "Ok, y con esto que te planteé, ¿se te viene a la cabeza alguna duda o algo que no te convenza, o que digas, 'mira, esto habría que cambiar', porque no me cierra?"

**Donnie Sacristan:** "Me cuesta imaginar cómo sería la distribución gráfica, dónde iría el libro, si ya viene armado o si a medida que voy siguiendo el libro se va armando. No es lo mismo que yo entre a un cuarto negro, voy leyendo y se va construyendo adentro del cuarto negro y ya está todo arriba. La experiencia es distinta en esas dos. Entonces no sé cómo sería, cuál es el objetivo de ustedes ni cómo lo van a desarrollar."

**Nicolás Irigoyen:** "Está bueno ese punto. Eso no lo habíamos tenido tanto en cuenta, así que está bueno para llevarnos. ¿Y pensás que esto mejoraría tu situación o mejoraría tu relación con la lectura? ¿Haría que le des un poco más de chance a la lectura, que te veas un poco más motivado, que te veas leyendo?"

**Donnie Sacristan:** "Seguro, sí. Tengo miedo, es de lo que te decía, como me voy por las ramas, que me ponga a desarrollar con el entorno y me pierda del libro. Pero ayudaría un montón, porque ya es otra forma de afrontar el libro, de vivir el libro. Entonces cambia tu experiencia en el momento de leer; ya es como que decís: 'Uy, voy a leer', porque ya te emociona ir a ver qué arma el cuarto, digamos."

**Nicolás Irigoyen:** "Y si ya tuviéramos esta aplicación, ¿la probarías hoy?"

**Donnie Sacristan:** "Sí, por supuesto."

**Nicolás Irigoyen:** "Bueno, y por último, para cerrar, ¿tenés alguna sugerencia, alguna recomendación que quieras darnos como equipo? Tengo un compañero para esta tesis, que hoy no se pudo sumar, pero capaz que tenés alguna sugerencia, algo que podrías agregar, o bueno, también algún comentario que quieras hacer, algo que no hablamos, algo que creés que es importante que tengamos en cuenta."

**Donnie Sacristan:** "Lo que te comentaba de cómo es el desarrollo de la escena, y también si se han pensado en mapear música, porque a veces uno lee y puede llegar a que le suene algo en la cabeza según la escena: ¿sucede que cuando la gente lee escucha el sonido del viento, el ruido del viento? No sé si sucede. Para mí era normal, o sea, pensé que todo el mundo era como yo,

que no veía nada. Leía, después me dijeron: ‘¿viste? La gente visualiza.’ Yo me quedé: ‘esto es para dormir’. Nunca pensé que realmente la gente visualizaba."

**Nicolás Irigoyen:** "Bueno, buenísimo. ¿Algún otro comentario que quieras hacer?"

**Donnie Sacristan:** "No, creo que con esos dos está bien, después si se me ocurre algo les digo. Pero sí, básicamente eso: cómo se genera esa escena, y si hay sonido también."

**Nicolás Irigoyen:** "Ok, bueno. Muchas gracias por participar de esta entrevista. Espero que te hayas sentido cómodo, y nada, el feedback que nos diste nos va a servir un montón. Nos mantenemos en contacto para que puedas probar un prototipo en cuanto esté y para ir avisándote cómo va a ir avanzando todo."

**Donnie Sacristan:** "Perfecto, Nicolás. Avísame y probamos, no hay problema."

## Anexo B: Encuesta

Para validar la problemática planteada, evidenciar su existencia y viabilidad, se realizó la siguiente encuesta en la que respondieron 61 personas (hasta el 14 de junio de 2025).

La encuesta incorpora una lógica condicional que evalúa distintos indicadores de atención, concentración y capacidad de visualización mental durante la lectura. En concreto, si el encuestado cumple al menos uno de los siguientes criterios, se activa el bloque de preguntas adicionales:

- Reconoce que su mente divaga o le cuesta mantenerse concentrado tras leer más de 15–20 minutos (respuestas “Siempre”, “A menudo” o “Algunas veces”).
- Al leer poco o nada, señala “No me concentro” como motivo principal.
- Sufre interrupciones del entorno (ruidos, notificaciones, personas) con la misma frecuencia (“Siempre”, “A menudo” o “Algunas veces”).
- Debe releer párrafos porque advierte que no prestó atención la primera vez (“Siempre”, “A menudo” o “Algunas veces”).
- No logra “ver” escenas o personajes en su mente o lo hace de manera muy limitada (“No, me cuesta o no visualizo nada”, “Más o menos, imágenes borrosas” o “No estoy seguro”).
- Ha sido diagnosticado con TDAH o considera que presenta dificultades de atención significativas.
- Tras revisar dichas cuestiones, se identifica con síntomas de afantasia (ya diagnosticado, sospecha o dificultades para visualizar).

Cuando cualquiera de esas condiciones se cumple, se despliegan bloques de seguimiento destinados a explorar el interés y la percepción sobre una experiencia de lectura inmersiva: se pregunta si el uso de imágenes, sonidos o entornos libres de distracciones podría mejorar la comprensión y el disfrute; se indaga en el grado de utilidad que tendría un escenario de realidad virtual para mantener la concentración; y se recaba la valoración sobre la interactividad visual y sonora y su posible influencia en el enganche con el texto. De este modo, la encuesta adapta sus contenidos a quienes muestran mayores retos de atención o visualización, recogiendo información clave para diseñar soluciones tecnológicas ajustadas a sus necesidades.

A continuación, se adjuntan las preguntas y los resultados arrojados por parte de los encuestados.

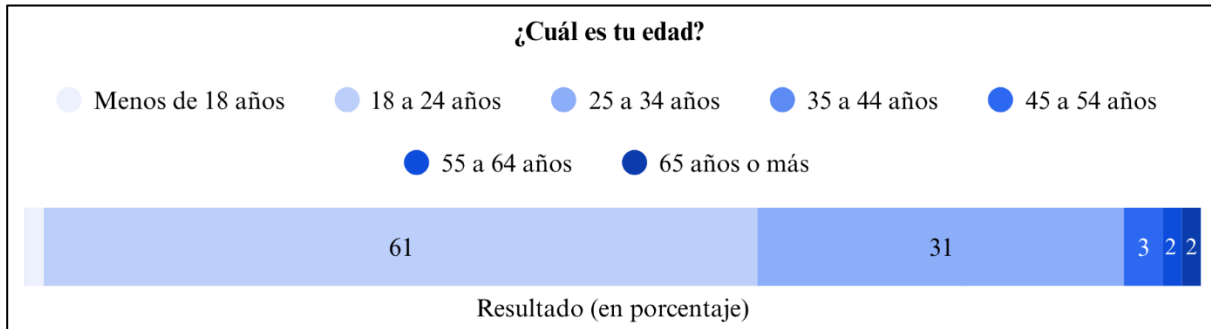


Figura 38: Gráfico de la pregunta: ¿Cuál es tu edad? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

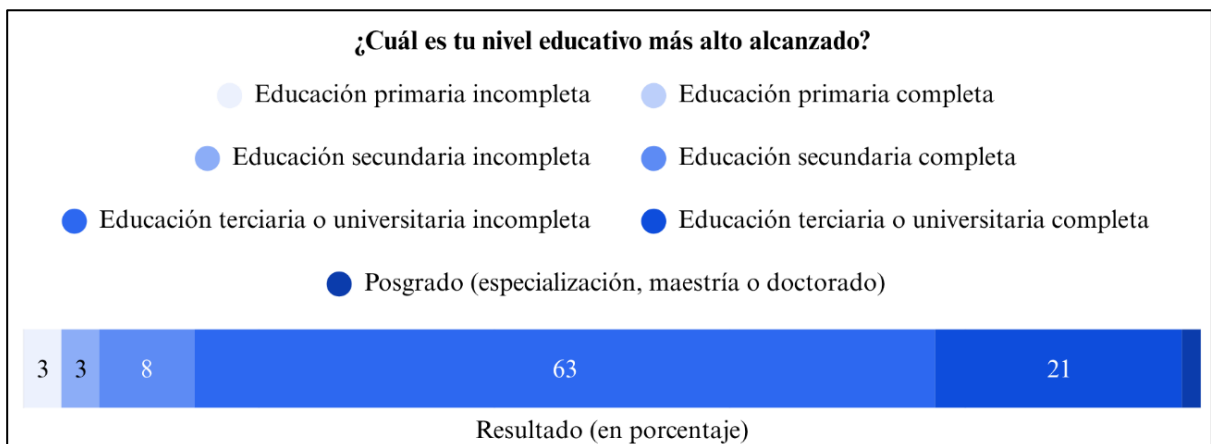


Figura 39: Gráfico de la pregunta: ¿Cuál es tu nivel educativo más alto alcanzado? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

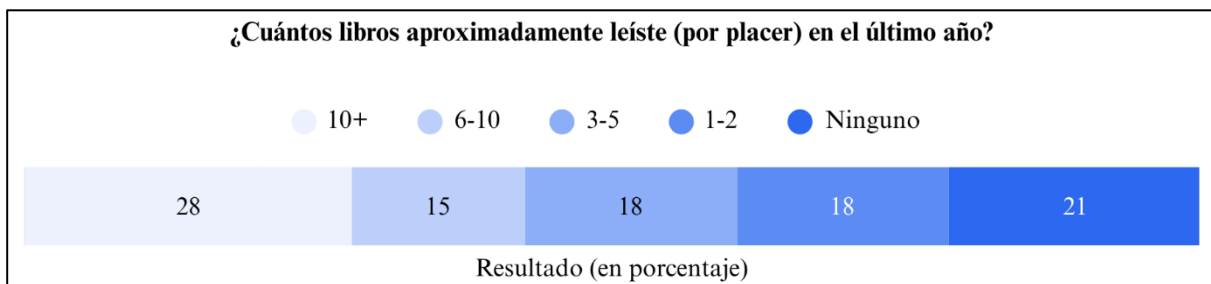


Figura 40: Gráfico de la pregunta: ¿Cuántos libros aproximadamente leíste (por placer) en el último año? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

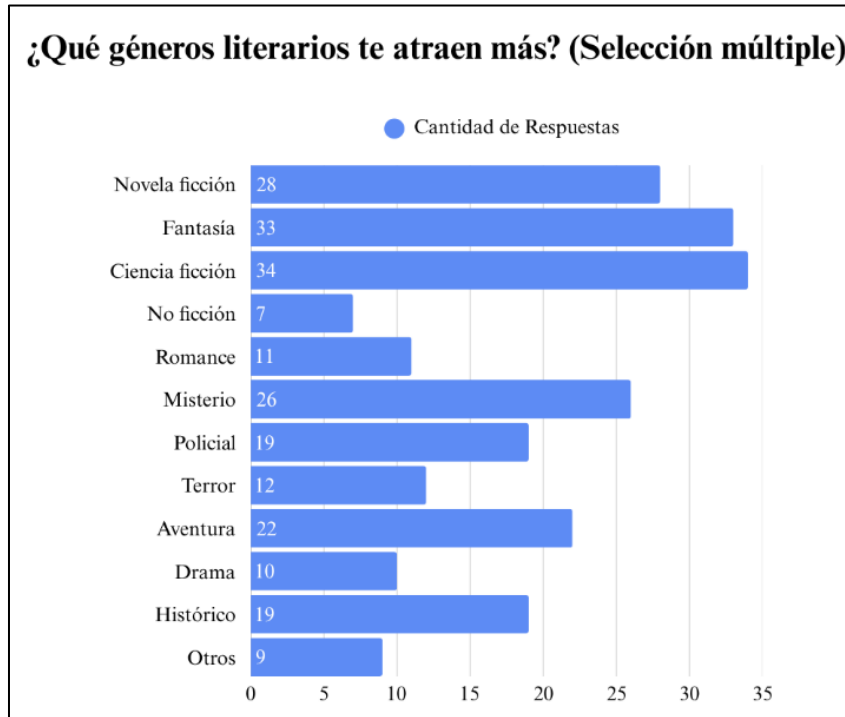


Figura 41: Gráfico de la pregunta: ¿Qué géneros literarios te atraen más (Selección múltiple)? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

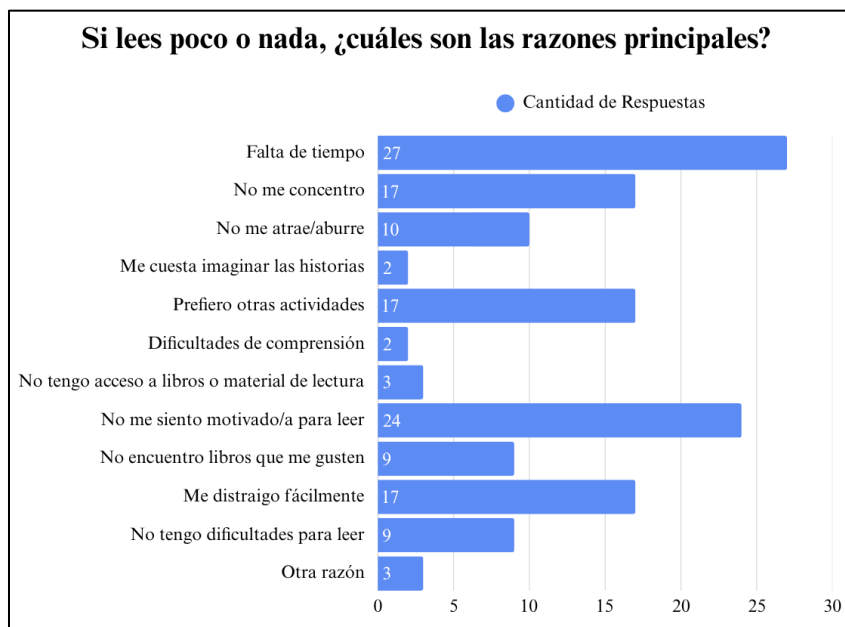


Figura 42: Gráfico de la pregunta: Si lees poco o nada, ¿cuáles son las razones principales? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

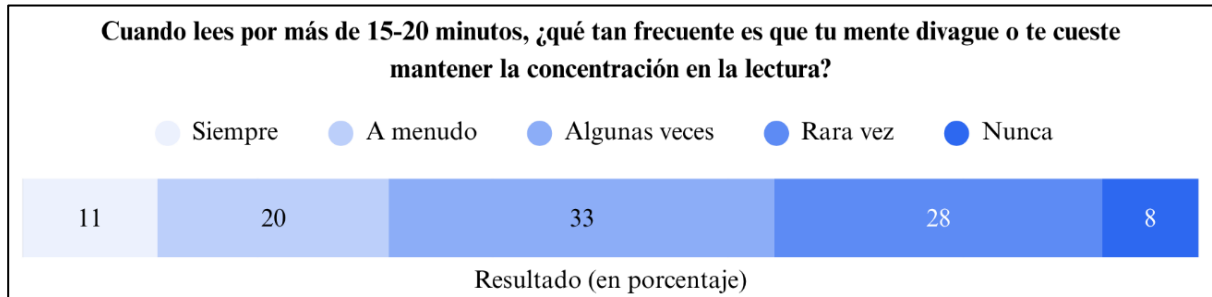


Figura 43: Gráfico de la pregunta: Cuando lees por más de 15-20 minutos, ¿qué tan frecuente es que tu mente divague o te cueste mantener la concentración en la lectura? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

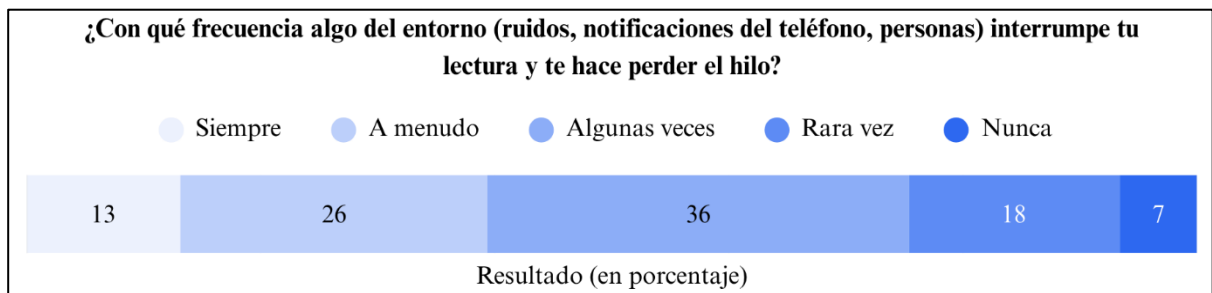


Figura 44: Gráfico de la pregunta: ¿Con qué frecuencia algo del entorno (ruidos, notificaciones del teléfono, personas) interrumpe tu lectura y te hace perder el hilo? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

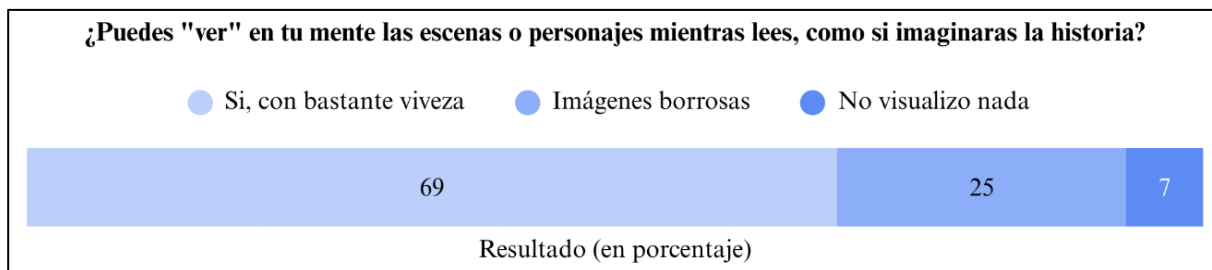


Figura 45: Gráfico de la pregunta: ¿Puedes ver en tu mente las escenas o personajes mientras lees, como si imaginaras la historia? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

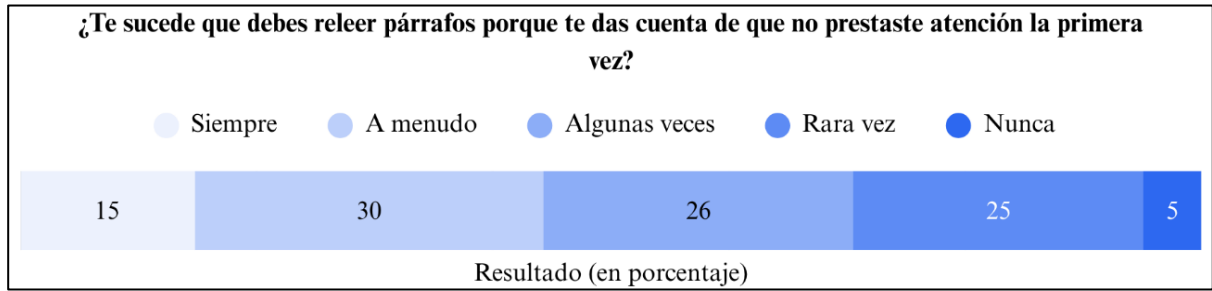


Figura 46: Gráfico de la pregunta: ¿Te sucede que debes releer párrafos porque te das cuenta de que no prestaste atención la primera vez? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

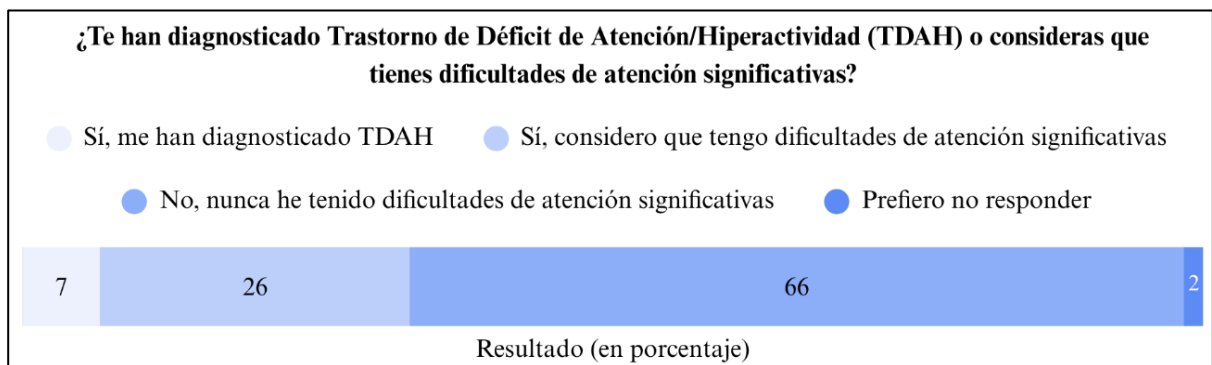


Figura 47: Gráfico de la pregunta: ¿Te han diagnosticado Trastorno de Déficit de Atención Hiperactividad (TDAH) o consideras que tienes dificultades de atención significativas? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

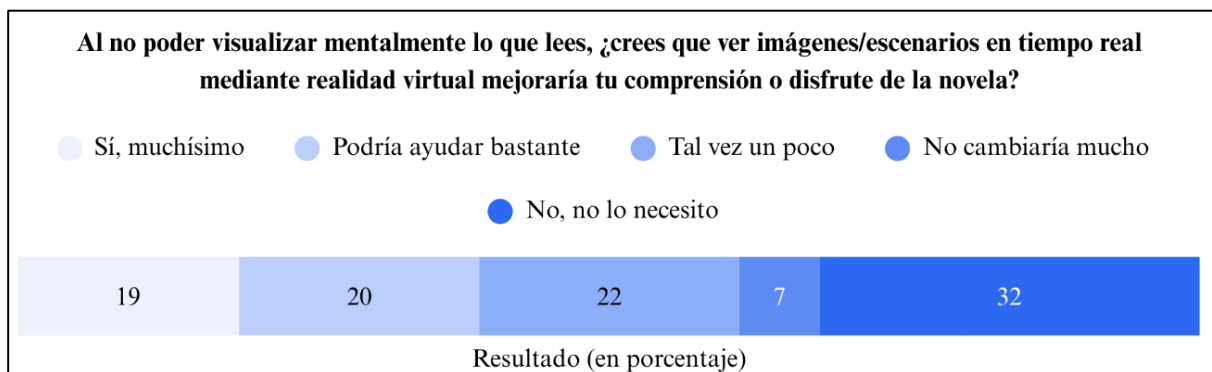


Figura 48: Gráfico de la pregunta: Al no poder visualizar mentalmente lo que lees, ¿crees que ver imágenes escenarios en tiempo real mediante realidad virtual mejoraría tu comprensión o disfrute de la novela? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

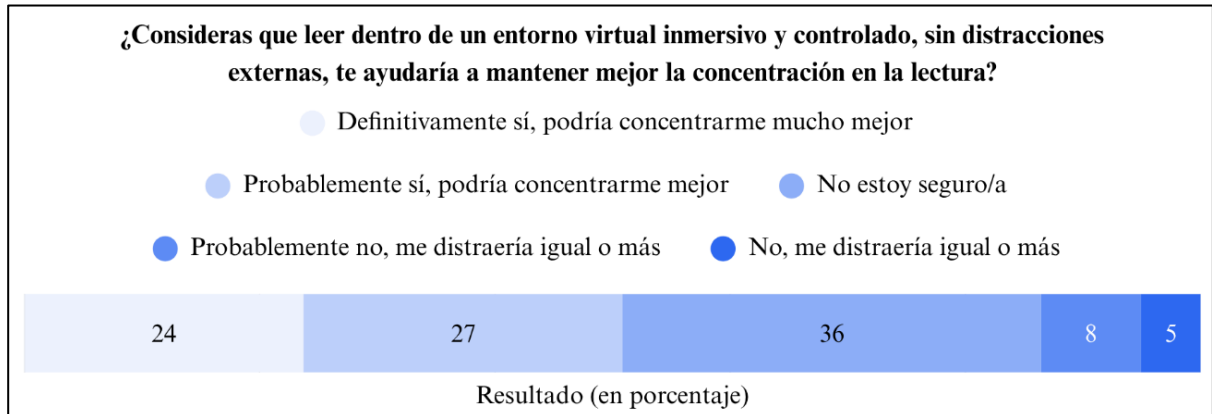


Figura 49: Gráfico de la pregunta: ¿Consideras que leer dentro de un entorno virtual inmersivo y controlado, sin distracciones externas, te ayudaría a mantener mejor la concentración en la lectura? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

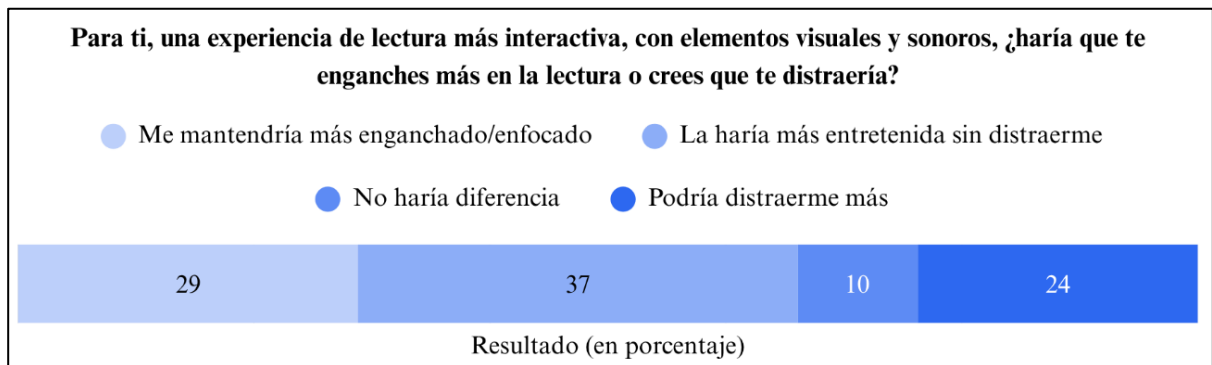


Figura 50: Gráfico de la pregunta: Para ti, una experiencia de lectura más interactiva, con elementos visuales y sonoros, ¿haría que te enganches más en la lectura o crees que te distraería? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

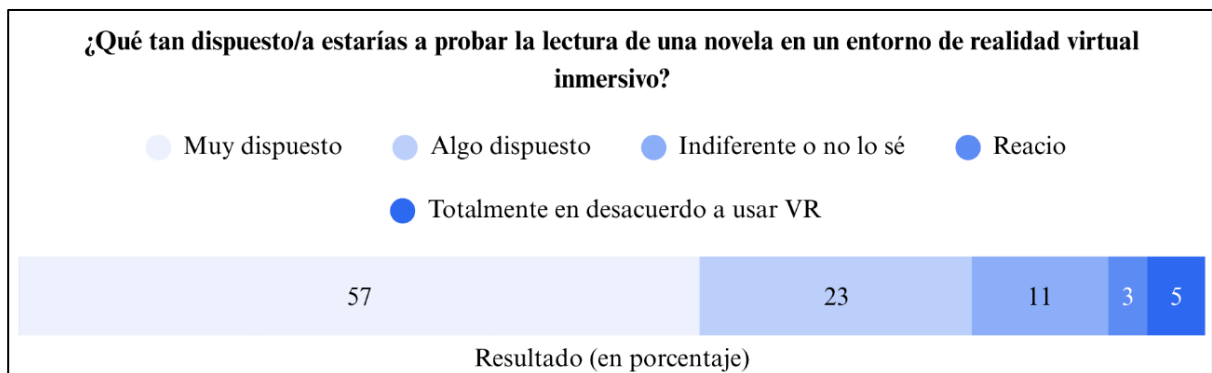


Figura 51: Gráfico de la pregunta: ¿Qué tan dispuesto/a estarías a probar la lectura de una novela en un entorno de realidad virtual inmersivo? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

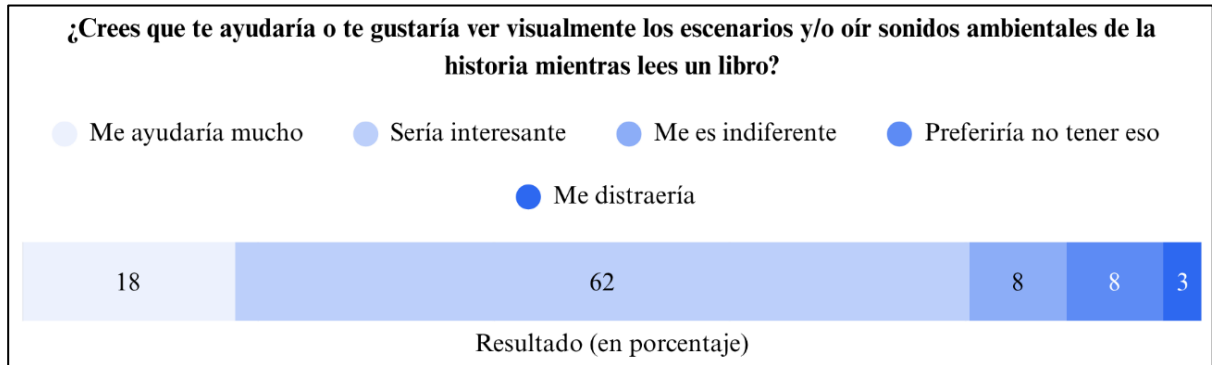


Figura 52: Gráfico de la pregunta: ¿Crees que te ayudaría o te gustaría ver visualmente los escenarios y/o oír sonidos ambientales de la historia mientras lees un libro? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

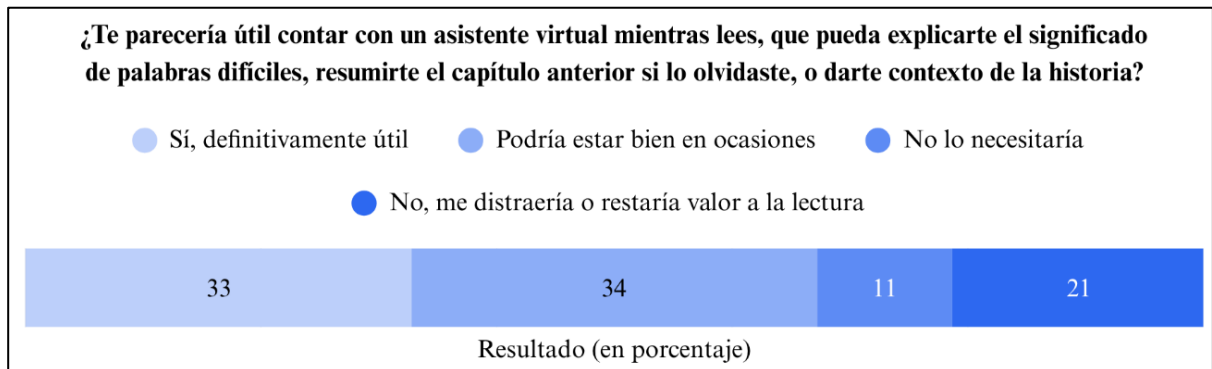


Figura 53: Gráfico de la pregunta: ¿Te parecería útil contar con un asistente virtual mientras lees, que pueda explicarte el significado de palabras difíciles, resumirte el capítulo anterior si lo olvidaste, o darte contexto de la historia? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

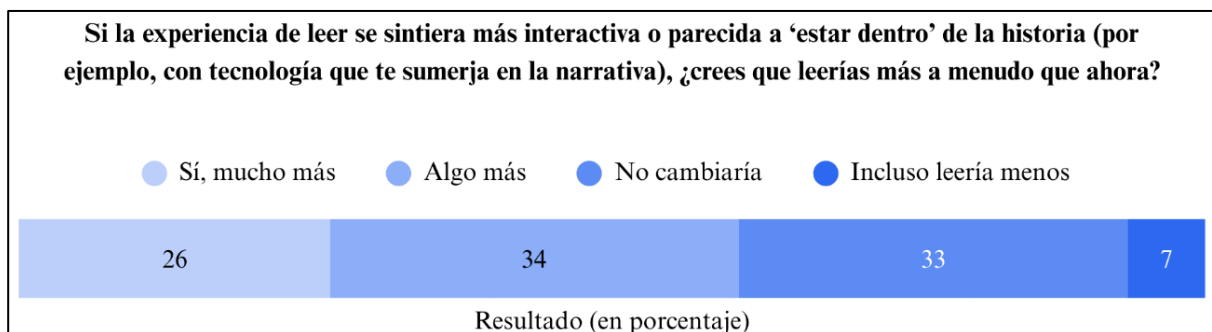


Figura 54: Gráfico de la pregunta: Si la experiencia de leer se sintiera más interactiva o parecida a ‘estar dentro’ de la historia (por ejemplo, con tecnología que te sumerja en la narrativa), ¿crees que leerías más a menudo que ahora? (Gráfico de elaboración propia, 2025).

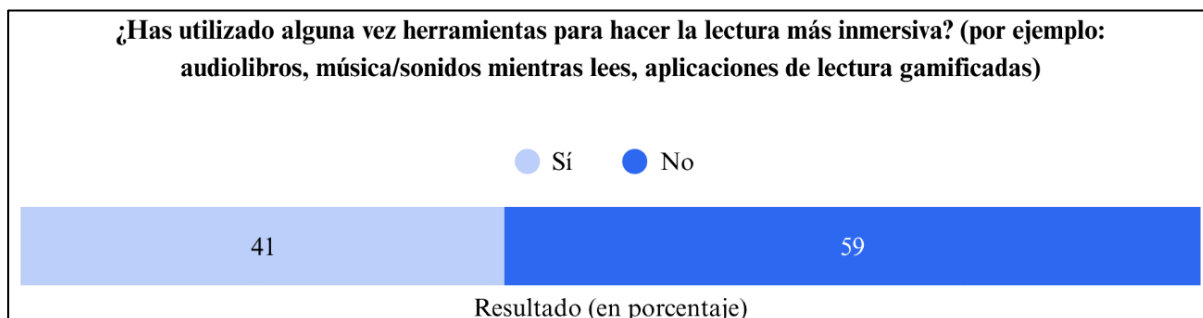


Figura 55: Gráfico de la pregunta: ¿Has utilizado alguna vez herramientas para hacer la lectura más inmersiva? (por ejemplo: audiolibros, música/sonidos mientras lees, aplicaciones de lectura gamificadas) (Gráfico de elaboración propia, 2025).

## **Anexo C: Casos de uso**

### **CU-01: Cargar y seleccionar novela**

- Descripción breve: Importa un libro PDF desde la memoria del Meta Quest
- Actor principal: Lector
- Actor secundario: Sistema de archivos del dispositivo
- Precondiciones: App en el hub, al menos un PDF local, permisos de almacenamiento disponibles.
- Disparador: Pulsar Cargar libro o abrir la biblioteca y seleccionar el libro.
- Flujo principal:
  1. Mostrar biblioteca y opción Cargar libro.
  2. Seleccionar PDF en la memoria del dispositivo.
  3. Importar, validar, extraer portada e indexar.
  4. Mostrar el título en la biblioteca.
  5. Seleccionar el libro y confirmar Leer para abrirlo.
- Alternativas y excepciones:
  - Permiso denegado; formato no soportado o archivo corrupto;
- Postcondiciones: PDF importado y visible; novela activa con registro de progreso.
- Reglas de negocio: Solo PDF; no modificar el archivo original; evitar duplicados; portada desde primera página si no existe metadato.
- Requisitos no funcionales: Importación en tiempo menor o igual a tres segundos para archivos de hasta cincuenta megabytes; feedback de progreso; procesamiento local; sin entradas parciales ante fallo.
- Criterios de aceptación:
  1. PDF válido cargado aparece en la biblioteca y abre en tiempo menor o igual a tres segundos.
  2. Archivo no PDF no es posible seleccionarlo.

**CU-02: Continuar lectura**

- Descripción breve: Retoma la lectura en la última posición guardada aplicando las preferencias previas.
- Actor principal: Lector
- Actor secundario: Sistema de almacenamiento de la aplicación
- Precondiciones: Existe progreso guardado para el libro en la biblioteca. El archivo PDF importado está disponible.
- Disparador: El lector pulsa Continuar desde el libro en la biblioteca.
- Flujo principal:
  1. El sistema localiza el progreso guardado.
  2. Restaura capítulo.
  3. Abre la sala de lectura en la posición exacta.
  4. Reactiva el registro de progreso.
- Alternativas y excepciones:
  - No hay progreso: ofrecer empezar desde el inicio.
- Postcondiciones: Lectura abierta en la posición exacta con preferencias aplicadas. Progreso en seguimiento.
- Requisitos no funcionales: Apertura en tiempo menor o igual a tres segundos.
- Criterios de aceptación:
  1. Con progreso existente, al pulsar Continuar se abre en la posición exacta y en tiempo menor o igual a tres segundos.
  2. Si no hay progreso, se ofrece iniciar desde el comienzo.

**CU-03: Entorno por género**

- Descripción breve: Aplica o ajusta la ambientación VR según el género de la novela para favorecer la inmersión sin afectar la lectura.
- Actor principal: Lector
- Precondiciones: Novela seleccionada o abierta. El género está definido o puede elegirse manualmente.
- Disparador: Apertura de la novela o ingreso desde el menú principal.
- Flujo principal:

1. El sistema detecta el género.
  2. Carga el entorno correspondiente.
  3. El lector puede cambiar el género entre las opciones disponibles.
- Alternativas y excepciones:
    - Género desconocido: se aplica un entorno por defecto y se ofrece elegir.
    - Recursos del entorno no disponibles: se carga un entorno estándar.
  - Postcondiciones: Entorno aplicado, con lectura estable y legible.
  - Requisitos no funcionales:
    - Cambio de entorno con tiempo de respuesta menor o igual a un segundo.
    - Elementos del entorno no intrusivos durante la lectura.

Criterios de aceptación:

1. Con género definido, el entorno correspondiente se carga automáticamente al abrir la novela.
2. El panel de lectura permanece estable y legible durante y después del cambio.
3. Si no hay género, el sistema propone uno y permite elegir sin interrumpir la lectura.

**CU-04: Progreso de lectura**

- Descripción breve: Guarda y recupera posición de lectura y porcentaje.
- Actor principal: Lector
- Actor secundario: Sistema de almacenamiento de la aplicación
- Precondiciones: Novela abierta en la sala de lectura. Almacenamiento local disponible.
- Disparador: Automático durante la lectura y al salir.
- Flujo principal:
  1. El sistema guarda la posición de lectura.
  2. Actualiza métricas de avance como porcentaje leído.
  3. Al reingresar al libro, recupera la última posición válida.
- Postcondiciones: Progreso persistido por novela y disponible para continuar en la última posición.
- Requisitos no funcionales: Guardado y recuperación sin interrumpir la lectura.
- Criterios de aceptación:
  1. Durante la lectura, el sistema registra posición sin afectar la experiencia.

2. Al regresar al libro, se abre en la última posición guardada.

**CU-05: Chat sin spoilers**

- Descripción breve: Responde consultas sobre la obra usando el progreso actual y bloquea información futura.
- Actor principal: Lector
- Actor secundario: Servicios de IA
- Precondiciones: Índice de lectura actualizado con última posición. Libro abierto o seleccionado. Servicio de IA disponible.
- Disparador: El lector solicita información sobre la obra al asistente.
- Flujo principal:
  1. El sistema delimita el contexto al texto hasta la última posición.
  2. Envía la consulta y el contexto acotado a Servicios de IA y solicita respuesta.
  3. Aplica filtro anti-spoilers y muestra la respuesta.
- Alternativas y excepciones:
  1. Posible spoiler detectado: se bloquea y se informa al lector.
  2. Sin conectividad o servicio inalcanzable: se informa y se ofrece reintentar.
  3. Pregunta ambigua o fuera de alcance: se solicita aclaración o se sugieren consultas válidas.
- Postcondiciones: Interacción registrada sin revelar contenido futuro.
- Requisitos no funcionales:
  1. Latencia objetivo menor o igual a tres segundos para respuestas indexadas.
  2. Interfaz legible en VR y sin cubrir el panel de lectura.
- Criterios de aceptación:
  1. Ante una consulta sobre contenido ya leído, la respuesta evita spoilers y referencia la sección correspondiente.
  2. Si se detecta spoiler, se bloquea y se notifica.
  3. Sin conexión, el sistema no responde con contenido futuro y muestra un mensaje de indisponibilidad.

**CU-06: Visuales generados por IA**

- Descripción breve: Genera y muestra imágenes de personajes o escenas 360° coherentes con lo leído, sin revelar contenido futuro.
- Actor principal: Lector
- Actor secundario: Servicios de IA
- Precondiciones: Novela abierta. Índice de lectura actualizado hasta la última posición.
- Disparador: al finalizar la ingesta de libro y al completar el último capítulo del tramo actual.
- Flujo principal:
  1. El sistema construye un prompt solo con texto hasta la última posición.
  2. Envía la solicitud a Servicios de IA.
  3. Recibe el activo visual, lo etiqueta como Generado por IA y lo integra en la escena del género.
  4. Guarda metadatos del activo para reutilización y ajustes posteriores.
- Alternativas y excepciones:
  1. Exceso de latencia o fallo de generación.
  2. Potencial spoiler detectado: bloquear el activo y notificar.
  3. Recursos insuficientes: degradar calidad de forma controlada y avisar.
- Postcondiciones: Activo visual disponible en la escena.
- Requisitos no funcionales:
  1. Latencia objetivo de generación menor o igual a sesenta segundos con retroalimentación visible.
  2. Mantenimiento de al menos sesenta cuadros por segundo o más al mostrar el activo.
- Criterios de aceptación:
  1. Con visuales activados, la escena reflejada es coherente con pasajes ya leídos y spoilers.
  2. El panel de lectura permanece visible y legible después de incorporar el activo.

### Anexo D: Costo de los servicios de Huawei Cloud

En este Anexo puede verse el detalle del costo de cada uno de los servicios de Huawei Cloud explicados en el apartado de "3.4.4. Arquitectura de despliegue Cloud". A continuación, se detalla la distribución de estos costos, obtenido de la calculadora pública del proveedor de servicios cloud:

Livrrario Quotation								
Service	Description	Region	AZ	Billing Mode	Purchase Amount	Original Price (USD)	Discount Amount (USD)	Discounted Price (USD)
<b>Elastic Cloud Server 1</b>	<b>Nodos Productivos</b>	<b>LA-Santiago</b>	<b>General AZ</b>	<b>Monthly</b>	<b>1 month,2 ECSs</b>	<b>490,66</b>	<b>0,00</b>	<b>490,66</b>
Type	x86   General computing-plus   ac8.4xlarge.2   16 vCPUs   32GiB			ProductId: OFF107090231044998	1 month,*2	483,14	0,00	483,14
Image	CentOS   CentOS 8.2 64bit			3489	1 month,*2	0,00	0,00	0,00
System Disk	General Purpose SSD   40GB			ProductId: OFF1479638699187482	1 month,*2	7,52	0,00	7,52
				627				
<b>Elastic Cloud Server 2</b>	<b>Nodos Testing/QA</b>	<b>LA-Santiago</b>	<b>General AZ</b>	<b>Monthly</b>	<b>1 month,1 ECS</b>	<b>83,65</b>	<b>0,00</b>	<b>83,65</b>
Type	x86   General computing-basic   t6.2xlarge.2   8 vCPUs   16GiB			ProductId: OFF104089841549210	1 month,*1	79,89	0,00	79,89
Image	CentOS   CentOS 8.2 64bit			899	1 month,*1	0,00	0,00	0,00
System Disk	General Purpose SSD   40GB			ProductId: OFF1479638699187482	1 month,*1	3,76	0,00	3,76
				627				
<b>Elastic Cloud Server 3</b>	<b>Proxy de Acceso a Cluster</b>	<b>LA-Santiago</b>	<b>General AZ</b>	<b>Monthly</b>	<b>1 month,1 ECS</b>	<b>60,52</b>	<b>0,00</b>	<b>60,52</b>
Type	x86   General computing   s6.xlarge.2   4 vCPUs   8GiB			ProductId: OFF104044787910265	1 month,*1	56,76	0,00	56,76
Image	CentOS   CentOS 8.2 64bit			757	1 month,*1	0,00	0,00	0,00
System Disk	General Purpose SSD   40GB			ProductId: OFF1479638699187482	1 month,*1	3,76	0,00	3,76
				627				
<b>Object Storage Service 1</b>	<b>Almacenamiento de Imágenes y Logs</b>	<b>LA-Santiago</b>	<b>General AZ</b>	<b>Monthly</b>	<b>1 month,1 PCS</b>	<b>19,35</b>	<b>0,00</b>	<b>19,35</b>
Storage Space	1TB			ProductId: OFF104089841549210	1 month,*1	19,35	0,00	19,35
				8288				
<b>Relational Database Service 1</b>	<b>Relational Database Service</b>	<b>LA-Santiago</b>	<b>General AZ</b>	<b>Monthly</b>	<b>1 month,1 PCS</b>	<b>293,41</b>	<b>0,00</b>	<b>293,41</b>
Type	General AZ   PostgreSQL   17   Primary/Standby   Dedicated   4vCPUs, 8GB			ProductId: OFF104053681477632	1 month,*1	259,21	0,00	259,21
Storage	Cloud SSD   100GB			2419	1 month,*1	34,20	0,00	34,20
				ProductId: OFF104053681477632	1 month,*1			
				8197				
<b>NAT Gateway 1</b>	<b>NAT Gateway</b>	<b>LA-Santiago</b>	<b>General AZ</b>	<b>Monthly</b>	<b>1 month</b>	<b>107,45</b>	<b>0,00</b>	<b>107,45</b>
Type	Medium			ProductId: OFF104044787910265	1 month	107,45	0,00	107,45
				696				
<b>DMS (for RabbitMQ) 1</b>	<b>DMS (for RabbitMQ)</b>	<b>LA-Santiago</b>	<b>General AZ</b>	<b>Monthly</b>	<b>1 month,1 instance</b>	<b>128,08</b>	<b>0,00</b>	<b>128,08</b>
Flavor	Single-node   c6.2u4g.single   Brokers: 1			ProductId: OFF180162776811034	1 month,*1	94,08	0,00	94,08
Total storage	Ultra-high I/O   200GB ( Storage Space per Broker: 200GB )			375	1 month,*1	34,00	0,00	34,00
				ProductId: OFF1801631605849608	1 month,*1			
				203				
<b>Cloud Container Engine 1</b>	<b>Cloud Container Engine</b>	<b>LA-Santiago</b>	<b>General AZ</b>	<b>Monthly</b>	<b>1 month,1 PCS</b>	<b>172,80</b>	<b>0,00</b>	<b>172,80</b>
Product Category	CCE cluster   Standard/Turbo   50 nodes   3 Masters			ProductId: OFF100749277989447	1 month,*1	172,80	0,00	172,80
				6801				
<b>Elastic Cloud Server 4</b>	<b>Maquina con LLMs</b>	<b>LA-Santiago</b>	<b>General AZ</b>	<b>Monthly</b>	<b>1 month,1 ECS</b>	<b>3.069,94</b>	<b>0,00</b>	<b>3.069,94</b>
Type	x86   GPU-accelerated   p2s.4xlarge.8   16 vCPUs   128GiB			ProductId: OFF1999242516580913	1 month,*1	3.055,84	0,00	3.055,84
Image	CentOS   CentOS 7.5 64bit with Tesla Driver 418.67 and Cuda 10.1			157	1 month,*1	0,00	0,00	0,00
System Disk	General Purpose SSD   150GB			ProductId: OFF1479638699187482	1 month,*1	14,10	0,00	14,10
				627				
<b>Elastic Load Balance 1</b>	<b>Elastic Load Balance</b>	<b>LA-Santiago</b>	<b>General AZ</b>	<b>Pay-per-use</b>	<b>730 hours</b>	<b>214,69</b>	<b>0,00</b>	<b>214,69</b>
Network load balancing (TCP/UDP)	Central AZ   20 LCU			ProductId: OFF1719073638819438	730 hours	202,94	0,00	202,94
EIP Price	1PCS   Dynamic BGP			592	730 hours	3,65	0,00	3,65
Traffic	Dynamic BGP   Traffic   100GB			ProductId: 00301-103161-0-0	730 hours	8,10	0,00	8,10
				ProductId: 00301-103160-0-0	730 hours			
<b>Total Price</b>						<b>4.640,55</b>	<b>0,00</b>	<b>4.640,55</b>
<b>Total Price</b>						<b>4.640,55</b>	<b>0,00</b>	<b>4.640,55</b>

Figura 56: Costo de los servicios de Huawei Cloud

Para ver en más detalle el archivo original (formato excel), puede ingresarse en el siguiente enlace: [Livrrario Quotation](#).

**Índice de Figuras**

Figura 1: Neurona Artificial (Garduño et al., 2025)..... 21

Figura 2: Estructura jerárquica (López et al., 2008)..... 21

Figura 3: Tipos de neuronas artificiales (López et al., 2008)..... 22

Figura 4: Modelo de redes neuronales artificiales profundas (Serrano, 2017). ..... 23

Figura 5: Representación esquemática del GAN (Gui et al., 2020). ..... 24

Figura 6: Representación esquemática del VAE (Girin et al., 2020). ..... 24

Figura 7: Arquitectura 3D CNN (Ji et al., 2020)..... 26

Figura 8: Gráfico de la pregunta: ¿Puedes ‘ver’ en tu mente las escenas o personajes mientras lees, como si imaginaras la historia? (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 42

Figura 9: Gráfico de la pregunta: Al no poder visualizar mentalmente lo que lees, ¿crees que ver imágenes/escenarios en tiempo real mediante realidad virtual mejoraría tu comprensión o disfrute de la novela? (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 42

Figura 10: Gráfico de la pregunta: ¿Te han diagnosticado Trastorno de Déficit de Atención/Hiperactividad (TDAH) o consideras que tienes dificultades de atención significativas? (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 42

Figura 11: Gráfico de la pregunta: Cuando lees por más de 15-20 minutos, ¿qué tan frecuente es que tu mente divague o te cueste mantener la concentración en la lectura? (Gráfico de elaboración propia, 2025)..... 43

Figura 12: Gráfico de la pregunta: ¿Consideras que leer dentro de un entorno virtual inmersivo y controlado, sin distracciones externas, te ayudaría a mantener mejor la concentración en la lectura? (Gráfico de elaboración propia, 2025)..... 43

Figura 13: Diagrama de casos de uso (Gráfico de elaboración propia, 2025) ..... 51

Figura 14: Arquitectura conceptual de Livrario (Gráfico de elaboración propia, 2025)..... 62

Figura 15: Pipeline lineal de ingesta y generación de contenidos (Gráfico de elaboración propia, 2025) ..... 64

Figura 16: Diagrama de arquitectura de despliegue Cloud (Elaboración propia, 2025)..... 69

Figura 17: Diagrama de alto nivel del flujo de usuario (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 73

Figura 18: Sala predeterminada al iniciar la aplicación (Elaboración propia, 2025). ..... 75

Figura 19: Vista superior de la sala predeterminada (Elaboración propia, 2025)..... 76

Figura 20: Panel de inicio de sesión en la sala predeterminada (Elaboración propia, 2025)... 76

Figura 21: Pantalla de carga de libro en PDF tras el inicio de sesión (Elaboración propia, 2025).....	77
Figura 22: Escena policial (Elaboración propia, 2025).....	78
Figura 23: Vista superior de la escena policial (Elaboración propia, 2025) .....	78
Figura 24: Lectura en Meta Quest con el panel del asistente desplegado. (Elaboración propia, 2025).....	79
Figura 25: Lectura en vivo con asistente desplegado. (Elaboración propia, 2025).....	80
Figura 26: Lectura en vivo con imágenes de personajes. (Elaboración propia, 2025).....	80
Figura 27: Modelo Canvas de LIVRARIO (Elaboración propia, 2025) .....	82
Figura 28: Insignias de suscripciones de LIVRARIO (Gráfico de elaboración propia, 2025).84	
Figura 29: Canvas de propuesta de valor de LIVRARIO (Elaboración propia, 2025) .....	85
Figura 30: Análisis de Cinco fuerzas de Porter (Gráfico de elaboración propia, 2025). .....	87
Figura 31: Análisis FODA de LIVRARIO (Elaboración propia, 2025). .....	89
Figura 32: Logo de LIVRARIO (Gráfico de elaboración propia, 2025).....	91
Figura 33: Paleta de colores de LIVRARIO (Gráfico de elaboración propia, 2025).....	92
Figura 34: Solapa de “Resumen” del Análisis Financiero .....	93
Figura 35: Página Notion centralizador de información .....	98
Figura 36: Unity Test Runner (EditMode): ejecución exitosa de 5/5 pruebas unitarias .....	101
Figura 37: Python unittest (backend): ejecución exitosa de 9/9 pruebas unitarias .....	102
Figura 38: Gráfico de la pregunta: ¿Cuál es tu edad? (Gráfico de elaboración propia, 2025). .....	148
Figura 39: Gráfico de la pregunta: ¿Cuál es tu nivel educativo más alto alcanzado? (Gráfico de elaboración propia, 2025). .....	148
Figura 40: Gráfico de la pregunta: ¿Cuántos libros aproximadamente leíste (por placer) en el último año? (Gráfico de elaboración propia, 2025). .....	148
Figura 41: Gráfico de la pregunta: ¿Qué géneros literarios te atraen más (Selección múltiple)? (Gráfico de elaboración propia, 2025). .....	149
Figura 42: Gráfico de la pregunta: Si lees poco o nada, ¿cuáles son las razones principales? (Gráfico de elaboración propia, 2025). .....	149
Figura 43: Gráfico de la pregunta: Cuando lees por más de 15-20 minutos, ¿qué tan frecuente es que tu mente divague o te cueste mantener la concentración en la lectura? (Gráfico de elaboración propia, 2025).....	150

Figura 44: Gráfico de la pregunta: ¿Con qué frecuencia algo del entorno (ruidos, notificaciones del teléfono, personas) interrumpe tu lectura y te hace perder el hilo? (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 150

Figura 45: Gráfico de la pregunta: ¿Puedes ver en tu mente las escenas o personajes mientras lees, como si imaginaras la historia? (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 150

Figura 46: Gráfico de la pregunta: ¿Te sucede que debes releer párrafos porque te das cuenta de que no prestaste atención la primera vez? (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 151

Figura 47: Gráfico de la pregunta: ¿Te han diagnosticado Trastorno de Déficit de Atención Hiperactividad (TDAH) o consideras que tienes dificultades de atención significativas? (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 151

Figura 48: Gráfico de la pregunta: Al no poder visualizar mentalmente lo que lees, ¿crees que ver imágenes escenarios en tiempo real mediante realidad virtual mejoraría tu comprensión o disfrute de la novela? (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 151

Figura 49: Gráfico de la pregunta: ¿Consideras que leer dentro de un entorno virtual inmersivo y controlado, sin distracciones externas, te ayudaría a mantener mejor la concentración en la lectura? (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 152

Figura 50: Gráfico de la pregunta: Para ti, una experiencia de lectura más interactiva, con elementos visuales y sonoros, ¿haría que te enganches más en la lectura o crees que te distraería? (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 152

Figura 51: Gráfico de la pregunta: ¿Qué tan dispuesto/a estarías a probar la lectura de una novela en un entorno de realidad virtual inmersivo? (Gráfico de elaboración propia, 2025). 152

Figura 52: Gráfico de la pregunta: ¿Crees que te ayudaría o te gustaría ver visualmente los escenarios y/o oír sonidos ambientales de la historia mientras lees un libro? (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 153

Figura 53: Gráfico de la pregunta: ¿Te parecería útil contar con un asistente virtual mientras lees, que pueda explicarte el significado de palabras difíciles, resumirte el capítulo anterior si lo olvidaste, o darte contexto de la historia? (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 153

Figura 54: Gráfico de la pregunta: Si la experiencia de leer se sintiera más interactiva o parecida a ‘estar dentro’ de la historia (por ejemplo, con tecnología que te sumerja en la narrativa), ¿crees que leerías más a menudo que ahora? (Gráfico de elaboración propia, 2025). ..... 153

Figura 55: Gráfico de la pregunta: ¿Has utilizado alguna vez herramientas para hacer la lectura más inmersiva? (por ejemplo: audiolibros, música/sonidos mientras lees, aplicaciones de lectura gamificadas) (Gráfico de elaboración propia, 2025). .....	154
Figura 56: Costo de los servicios de Huawei Cloud .....	160

**Índice de Tablas**

Tabla 1: Tabla comparativa de las competencias (Elaboración propia, 2025).....	39
Tabla 2: VAN del proyecto (USD).....	94
Tabla 3: TIR del proyecto .....	94
Tabla 4: Payback del proyecto .....	94
Tabla 5: Cantidad de usuarios alcanzados por escenarios.....	95
Tabla 6: Distribución de usuarios entre niveles de suscripción. ....	95

## Congreso CoNaIISI 2025

El Congreso Nacional de Ingeniería Informática y Sistemas de Información (CoNaIISI) es un ámbito académico de alcance nacional que reúne a docentes, investigadores, profesionales y estudiantes para compartir avances, experiencias y buenas prácticas en el campo de la informática y los sistemas. Sus ediciones promueven la difusión de trabajos evaluados por un jurado académico, el intercambio entre instituciones y la articulación de proyectos con impacto educativo, científico y tecnológico.

En ese marco, el artículo derivado de este trabajo final presenta la problemática que enfrentan personas con afantasia y con trastorno por déficit de atención con o sin hiperactividad en la lectura, y describe la propuesta LIVRARIO: un entorno de realidad virtual de bajo estímulo con apoyos visuales sincronizados y un asistente que responde sin anticipar la trama. El trabajo expone el planteo general, el enfoque metodológico utilizado y los principales resultados obtenidos, poniendo en valor su contribución para mejorar la experiencia y la continuidad de la lectura en entornos inmersivos.

A continuación, se adjunta el artículo completo aprobado por el jurado, para su consulta y referencia. Esta publicación ofrece una síntesis formal del proyecto y habilita futuras colaboraciones académicas y educativas orientadas a evaluar el uso de LIVRARIO en contextos reales, con especial atención a su adopción en el ámbito escolar y universitario.

# Prototipo de Realidad Virtual para mejorar la experiencia en la lectura de personas con Afantasia o TDAH

**Irigoyen,  
Nicolás**

*Universidad Argentina de  
la Empresa (UADE),  
Facultad de Ingeniería  
nirigoyen@uade.edu.ar*

**Lombardo,  
Carlos Timoteo**

*Universidad Argentina de  
la Empresa (UADE),  
Facultad de Ingeniería  
carlombardo@uade.edu.ar*

**Martínez,  
María Roxana**

*Universidad Argentina de  
la Empresa (UADE),  
Facultad de Ingeniería  
mariarmartinez@uade.edu.ar*

## **Abstract**

*Este trabajo aborda las dificultades de lectura en personas con afantasia o TDAH, que dificultan imaginar escenas, sostener la atención y mantener la continuidad en textos largos. Se presenta LIVRARIO, un prototipo de lectura en realidad virtual que busca reducir distracciones y acompañar al lector con apoyos simples. La propuesta combina escenas inmersivas predefinidas por género (fantasía, ciencia ficción y policial) con generación de imágenes y escenas 360° alineados al contenido ya leído, un asistente de lectura que resume y aclara sin adelantar la trama, y un registro de progreso para retomar fácilmente. El diseño prioriza una interfaz mínima para favorecer la concentración. Se describe el prototipo, su funcionamiento general y la validación inicial mediante una encuesta y dos entrevistas que orientaron decisiones de usabilidad y contenido. En conjunto, LIVRARIO apunta a acercar la lectura a quienes no logran visualizar lo que leen o se dispersan con facilidad, ofreciendo un marco visual y textual inmersivo que facilita la comprensión y atención sostenida a lo largo de la lectura de novelas.*

## **Palabras clave**

Realidad virtual, lectura inmersiva, afantasia, TDAH, generación de imágenes, imágenes 360°, asistente de lectura, escenas inmersivas por género.

## **Introducción**

La lectura de textos narrativos extensos es una práctica que fortalece el pensamiento abstracto, la empatía, la comprensión lectora profunda y el desarrollo del lenguaje. No obstante, numerosas personas enfrentan barreras que obstaculizan o disminuyen la calidad de esta experiencia. Entre ellas se incluyen la afantasia, una condición que se distingue por la incapacidad de producir imágenes mentales, y los trastornos de déficit de atención que dificultan mantener el enfoque y la concentración. A estos problemas se añade

una problemática más extensa relacionada con los bajos grados de motivación para leer entre niños, adolescentes y adultos jóvenes. En este contexto, la tecnología de realidad virtual inmersiva brinda una oportunidad única para reconsiderar la forma en que se manifiesta y se experimenta la lectura.

Las personas con afantasia suelen sentir una inmersión emocional inferior al leer, dado que presentan problemas para visualizar internamente acciones del relato [1], escenarios o personajes, a pesar de que su interpretación literal del texto no se vea necesariamente impactada [2]. Además, estudios clínicos realizados en niños con TDAH (trastorno por déficit de atención con hiperactividad) han demostrado que los ambientes virtuales envolventes pueden potenciar la atención constante, disminuir la distracción y mejorar el cumplimiento de tareas cognitivas complejas [3]. Estos descubrimientos concuerdan con conclusiones obtenidas en entornos educativos, donde se ha demostrado que la lectura en Realidad Virtual puede potenciar la motivación, la retención de información y la comprensión lectora [4]. Adicionalmente, la lectura en realidad virtual potencia el entendimiento y la memoria de relatos para niños [5].

Para validar empíricamente la problemática, se realizó una encuesta de elaboración propia que obtuvo 61 respuestas y dos entrevistas semiestructuradas (a una docente de Literatura y a una persona con afantasia). La encuesta mostró que el 31%

de los encuestados tiene dificultades para visualizar escenas al leer, el 33% reporta problemas significativos de atención y el 7% cuenta con diagnóstico de TDAH; además, de forma consistente, más del 30% indicó divagación, interrupciones del entorno y relecturas frecuentes. Un 51% considera que un entorno virtual controlado mejoraría su concentración, 66% cree que elementos visuales y sonoros aumentarían su involucramiento y 80% estaría dispuesto a probar lectura en realidad virtual. La entrevista realizada a la docente Paula Cuschnir resaltó el impacto del teléfono como distractor, la importancia de un modelo mental activo y el valor de apoyos interactivos/glosarios; mientras que la entrevista realizada a Donnie Sacristan describió la ausencia de imágenes mentales, la lectura fragmentada y el potencial del aislamiento sensorial y de imágenes generadas por IA.

A pesar de la evidencia previa, las soluciones disponibles para lectura siguen siendo mayormente 2D (e-readers, apps) y no integran ambientación inmersiva ajustada al género narrativo; apoyos visuales generados por inteligencia artificial que asistan a quienes no pueden imaginar lo que leen; un asistente que explique sin spoilers; y seguimiento del progreso de la lectura para fomentar la persistencia. Falta, por tanto, una solución unificada que combine RV e IA para atender simultáneamente inmersión, comprensión y atención en lectores con afantasia o TDAH, en español y con orientación en usabilidad real. Es por ello que se propone *LIVRARIO*, una aplicación de realidad virtual que brinda a los usuarios la oportunidad de leer novelas en un ambiente inmersivo, sin distracciones y ajustado al género literario de cada obra. El sistema dispone de un hub de lectura donde el entorno visual se altera dependiendo de si es una historia de fantasía, ciencia ficción o policial.

Asimismo, *LIVRARIO* permite mejorar la comprensión al ofrecer apoyos visuales

alineados al texto; aumentar la atención sostenida mediante entornos con bajo ruido visual; motivar al lector al transformar la lectura en una experiencia inmersiva y personalizada; y promover la persistencia en la lectura con métricas de progreso y resúmenes personalizados mediante el asistente. Por otro lado, *LIVRARIO* se focaliza en jóvenes y adultos con afantasia y/o TDAH, con el objetivo de aumentar el disfrute y la comprensión de la lectura mediante generación de apoyos visuales, escenas temáticas por género y un asistente sin spoilers.

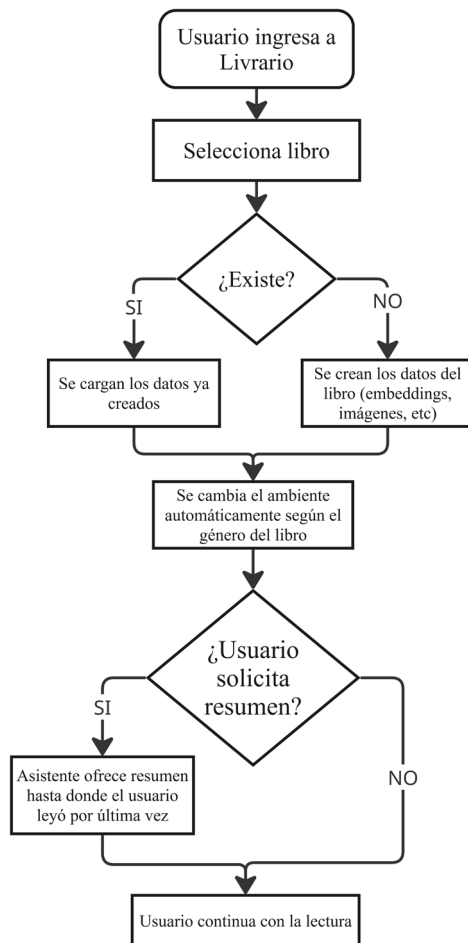
### **Diseño del prototipo**

El desarrollo se formula con objetivos generales, específicos y requisitos; se planifica mediante un cronograma por hitos (análisis, diseño, prototipado, pruebas con usuarios e iteraciones). Se definen roles y responsabilidades, canales de comunicación y artefactos de proyecto; se aplican prácticas de control de versiones, revisión por pares e integración y validación continua, preservando la trazabilidad entre requisitos, implementación y evidencias de evaluación.

En la Figura 1 se muestra el flujo principal de *LIVRARIO*. El usuario ingresa a la aplicación, inicia sesión y selecciona un libro de su biblioteca. Si la obra ya fue procesada, se cargan los datos existentes (metadatos, punto de lectura, embeddings y apoyos visuales). Si es la primera vez, el sistema crea esos datos: extrae la información básica del libro, genera embeddings y prepara imágenes y escenas 360° para apoyo visual. Luego, el entorno cambia automáticamente según el género de la obra (fantasía, ciencia ficción o policial).

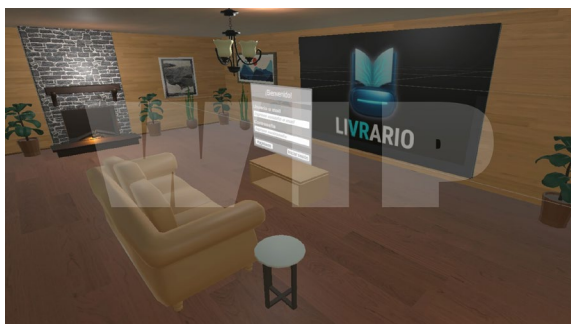
Durante la lectura, el usuario puede solicitar un resumen o una aclaración del contenido ya leído. El asistente responde sin revelar partes futuras de la trama y, si corresponde, ofrece retomar desde el último punto guardado. De este modo, el lector continúa la sesión en un entorno estable y coherente

con el género, mientras el sistema registra el progreso.



**Figura 1:** Flujo de usuario de LIVRARIO (prototipo).

Al ingresar a la aplicación, el usuario es redirigido a la sala predeterminada, donde se muestra la pantalla de inicio de sesión como se observa en la Figura 2. Una vez autenticado, permanece en ese mismo entorno desde el cual puede acceder a su biblioteca y continuar con la selección del libro.



**Figura 2:** Sala predeterminada e inicio de sesión de LIVRARIO (prototipo).

### Generación de imágenes y escenas 360°

Al seleccionar un libro, el sistema primero verifica si ya existe en la base de datos. Si existe, se cargan los datos previamente creados (metadatos, punto de lectura, embeddings y recursos visuales). Si no existe, se inicia el procesamiento: se crea un directorio en el bucket de objetos usando el ISBN como clave y se detecta la estructura del texto (cantidad de capítulos).

Con esa información, el libro se segmenta en cinco partes considerando los capítulos para distribuir el trabajo de generación. En paralelo, a partir del ISBN o metadatos se determina el género y se selecciona el entorno correspondiente para la lectura. Esta división en partes permite adelantar recursos sin procesar toda la obra de una vez.

Para soportar búsquedas semánticas y el asistente, se generan embeddings por capítulo usando una ventana de contexto que incluye los cinco anteriores. Los embeddings se guardan en la base de datos asociados al ISBN. Durante la lectura, a medida que el usuario avanza, se descargan las bases de conocimiento necesarias para ese tramo, evitando cargas innecesarias.

La generación de apoyos visuales se realiza de forma escalonada. Cuando el lector llega al último capítulo de la parte actual, el sistema identifica los personajes presentes en esa sección y genera las imágenes y escenas 360° correspondientes; luego guarda esos recursos en el bucket dentro de la carpeta de esa parte. De este modo se reduce el tiempo de espera inicial y se evita exponer contenido de partes futuras.

En sesiones posteriores, si el libro ya fue procesado, el sistema reutiliza todo lo cacheado: carga embeddings y visuales existentes, aplica el entorno por género y retoma desde el último punto de lectura. Este flujo permite equilibrar el rendimiento, la coherencia narrativa y el control de spoilers.

## Escenas inmersivas

Tras la carga de información del libro y la detección del género, la aplicación cambia automáticamente a una de las tres escenas predefinidas: ciencia ficción, policial o fantasía. Cada escena tiene iluminación y paleta acordes para aumentar la inmersión y, a la vez, mantener la atención (UI mínima y sin elementos que distraigan). Como ejemplo, la Figura 3 muestra la escena predefinida para el género policial: utilería temática (patrulla, helicóptero y póster), iluminación fría con acentos rojo y azul.

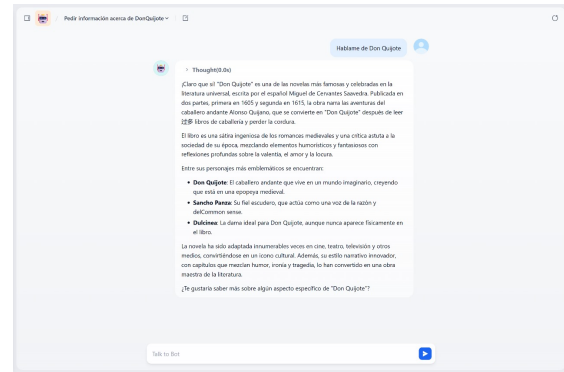


**Figura 3:** Escena inmersiva del género policial en LIVRARIO (prototipo).

A nivel de flujo, cuando el usuario selecciona un libro la aplicación consulta al backend los metadatos que generó el servicio de ingesta (ISBN, título, autor y, en particular, género). Con ese dato la aplicación decide qué escena cargar. Si el género no está disponible o es ambiguo, se conserva la sala predeterminada o se ofrece elegir manualmente.

## Asistente de lectura

El asistente de lectura acompaña al usuario durante la sesión con respuestas breves y en contexto. Permite solicitar resúmenes del capítulo leído, aclaraciones de frases complejas, definiciones de vocabulario, recordatorios sobre personajes y lugares como en la Figura 4, y explicaciones sencillas sin adelantar la trama. También ayuda a retomar el hilo: si el lector vuelve después de un tiempo, puede solicitar un repaso rápido de “lo último leído” antes de continuar.



**Figura 4:** UI del Asistente de lectura de Livrario (prototipo) describiendo a un personaje.

Su funcionamiento se apoya en embeddings generados por capítulo y en una búsqueda semántica que solo consulta el contenido alcanzado por el usuario. Cada pregunta pasa por un filtro de intención (resumen, glosario, personaje, lugar, aclaración) y por un control anti-spoilers: si la consulta requiere información de capítulos no leídos, el asistente avisa y propone alternativas seguras (pistas, repastos de eventos previos o sugerencias de avanzar en la lectura). Para mantener la coherencia y una baja latencia, el asistente guarda estado por obra (último punto de lectura, temas consultados recientemente) y reutiliza resultados cuando corresponde.

En términos operativos, el asistente funciona sobre un servicio de LLM con un esquema de recuperación aumentada de generación (RAG, por sus siglas en inglés). Los fragmentos de texto que se usan para responder se cargan bajo demanda y nunca incluyen capítulos futuros. El sistema registra únicamente lo necesario para la continuidad de la sesión (progreso y preferencias de interacción) y no comparte el libro completo con servicios externos. Con este enfoque, el asistente aporta un apoyo real a la comprensión y la memoria de la trama, sin romper la experiencia de inmersión ni el suspenso de la historia.

## Arquitectura

La Figura 5 resume la arquitectura de *LIVRARIO*: la aplicación de realidad virtual (desarrollada en Unity) constituye el único frontend; el acceso se gestiona en un módulo de autenticación (Django + PostgreSQL); la orquestación y los microservicios (FastAPI) cubren ingesta de libros, generación de contenidos y chatbot con RAG; el servicio LLM/embeddings corre en Ollama y se desacopla mediante colas de procesamiento en CPU y GPU; las imágenes y escenas 360° se generan vía APIs externas (Pollinations y SkyboxAI) y se almacenan en almacenamiento de objetos (object storage), mientras que los metadatos y vectores se guardan en PostgreSQL + pgvector.

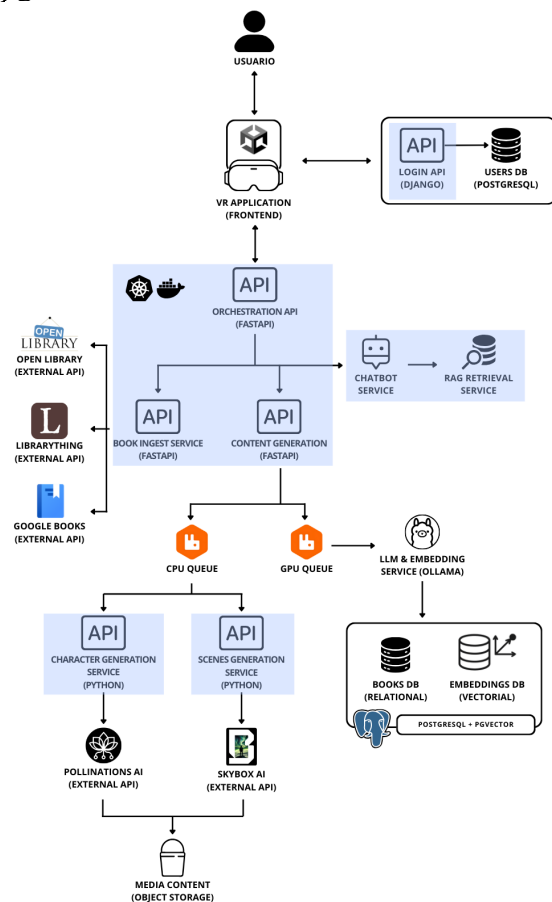


Figura 5: Arquitectura de alto nivel de *LIVRARIO*.

La solución propuesta se fundamenta en una arquitectura de microservicios, en su mayoría implementados en Python. El acceso y la interacción por parte del usuario final se realizan exclusivamente a través de la aplicación de realidad virtual,

desarrollada en Unity. Esta aplicación constituye el único punto de contacto del usuario con el sistema, y permite funcionalidades tales como la carga de libros, lectura de contenido y visualización de imágenes asociadas.

El backend de la solución se organiza en dos módulos principales. El primero corresponde al sistema de gestión de usuarios y autenticación, implementado en Django y respaldado por una base de datos PostgreSQL. La separación de este módulo respecto del resto de la aplicación contribuye a reforzar la seguridad en el manejo de información sensible, como credenciales y datos personales.

El segundo módulo corresponde al sistema de gestión de libros y contenidos, integrado por microservicios independientes que se comunican a través de mecanismos síncronos y asíncronos. Este módulo integra tres subservicios principales: el servicio de ingestión de libros, el servicio de generación de contenidos y el servicio de modelos de lenguaje (LLM).

El servicio de ingestión de libros administra la carga de obras por parte de los usuarios y recopila metadatos relevantes a través de fuentes externas, como *Open Library*, *LibraryThing* y *Google Books*. Entre los datos recolectados se incluyen el identificador (ISBN), título, géneros, sinopsis, autor, descripción del autor, personajes y escenarios clave de la obra. Además, este servicio desencadena automáticamente tareas de generación de embeddings y de contenidos al registrarse un nuevo libro.

El servicio de generación de contenidos produce representaciones visuales de personajes y escenas asociadas a los libros, las cuales son posteriormente utilizadas en la aplicación de realidad virtual. Para la generación de personajes se emplea la API de *Pollinations.ai*, seleccionada tras evaluar alternativas internas cuyo rendimiento no

resultó adecuado. Esta API permite tanto la creación de imágenes a partir de prompts como la conversión `img2img` (transformación de imágenes a partir de otras imágenes), garantizando coherencia visual entre las representaciones de un mismo personaje. En paralelo, la generación de entornos inmersivos en formato 360° se realiza mediante la API de SkyboxAI (Blockade Labs). Todo el contenido generado se almacena e indexa en un sistema de almacenamiento de objetos, optimizando su reutilización cuando múltiples usuarios acceden a un mismo libro, con el objetivo de evitar procesos de generación redundantes.

El servicio de LLM opera sobre modelos desplegados localmente en máquinas virtuales con GPU mediante Ollama. Este servicio cumple tres funciones principales: (i) generar embeddings a partir del contenido de los libros, utilizando metadatos que indican el progreso de lectura a fin de prevenir revelaciones anticipadas (spoilers); (ii) elaborar descripciones detalladas de personajes y escenarios, que luego son empleadas como insumos para los servicios de generación de imágenes; y (iii) ofrecer un modelo conversacional basado en la técnica de Retrieval-Augmented Generation (RAG), permitiendo responder consultas sobre el contenido de las obras y sobre información general relacionada.

### **Trabajos Relacionados**

Con base en la revisión de trabajos recientes, se observa un crecimiento sostenido de propuestas que combinan lectura y realidad virtual, así como el uso de IA para apoyar la experiencia lectora. En especial, la literatura y los prototipos de lectura inmersiva señalan mejoras en motivación y presencia, lo que respalda el uso de realidad virtual como vía para abordar problemas de atención y de imaginación en lectores con afantasia o TDAH [6].

En investigaciones orientadas a flujos de experiencia en realidad virtual, se proponen recorridos de lectura y narrativa que combinan vistas y técnicas para guiar al usuario y reducir obstáculos en la interacción. Estas propuestas buscan que el lector se mantenga enfocado sin sobrecargar la interfaz [6]. En paralelo, experiencias de “audiolibro inmersivo” muestran que entornos acordes al relato aumentan la presencia y la emoción durante la lectura/escucha [14].

En el plano comercial, aparecen aplicaciones que apuntan a “leer sin distracciones” en entornos simples [7], a replicar la tangibilidad del libro físico mediante la importación de archivos PDF y cómics, así como un modo passthrough [8], y a situar la lectura dentro de escenarios temáticos prediseñados [9]. Estas soluciones abordan parcialmente el problema, ya sea mediante el aislamiento de distractores, la mejora de la ergonomía o la ambientación básica; sin embargo, no ofrecen apoyos visuales generados por IA sincronizados con el texto ni asistencia contextual sin spoilers.

Existen además soluciones históricas o de nicho que demuestran la viabilidad técnica de la lectura en realidad virtual. Aportan lectura ePub/cómics en espacio 3D y mejoras de legibilidad, pero sin módulos de comprensión, sin guías visuales y sin foco en afantasia o TDAH [10], [12], [13].

Por su parte, el trabajo [11] integra IA generativa, pero enfocada en crear historias/novelas gráficas nuevas. Esto aporta personalización creativa, aunque no está orientado a asistir la lectura de obras existentes con imágenes contextuales ni con un asistente que evite spoilers.

En investigación aplicada a TDAH, los entornos inmersivos y controlados en RV muestran mejoras en atención sostenida y reducción de distractores. Este enfoque resuelve de forma parcial el componente

atencional, pero no aborda la falta de imaginación ni la comprensión narrativa en textos largos [3], [15].

En la Tabla 1 se resume, de forma comparativa, el objetivo y el resultado de los principales trabajos relacionados y cómo se posicionan frente a la propuesta de este trabajo.

Tabla 1: Análisis comparativo de trabajos anteriores con la propuesta de este trabajo.

Trabajo	Objetivo	Resultado
[7]	Leer sin distracciones en RV con <i>hand tracking</i> y entornos simples.	Producto comercial. Sin IA ni asistente.
[8]	Replicar libro 3D en XR; importar PDFs/cómics; modo <i>passthrough</i> .	Producto en App Lab. Sin IA ni apoyos cognitivos.
[9]	Leer dentro de escenarios temáticos prediseñados.	Producto comercial <i>indie</i> . Sin IA; entorno elegido a mano.
[10]	Lectura ePub en RV con entorno básico.	Proyecto histórico. Sin IA; valor demostrativo.
[12]	Lectura de cómics/PDFs en estante 3D.	App temprana. Sin apoyos de comprensión.
[13]	Mantener el texto siempre visible al mover la cabeza.	App de nicho. Mejora legibilidad; sin IA.
[11]	XR Reader: generar historias con IA en AR/VR.	Producto en App Lab. IA creativa; no asiste obras existentes.
[14]	Audiolibro inmersivo con entornos acordes al relato.	Prototipo/estudio. Aumenta presencia; sin apoyos visuales guiados.
[6]	Prototipos de lectura inmersiva (UI/UX) en RV.	Prototipos académicos. Sin IA visual ni asistente.

Propuesta	Lectura inmersiva con entornos por género, imágenes/escenas 360° generadas por IA, asistente sin <i>spoilers</i> y progreso lector para afantasia/TDAH.	Prototipo funcional con integración RV+IA y foco en comprensión, atención e imaginación.
-----------	---	--

## Conclusión y Trabajos Futuros

Este trabajo presenta un prototipo de lectura inmersiva en realidad virtual pensado para personas con afantasia o dificultades de atención. La propuesta combina un entorno que reduce distracciones, imágenes y escenas generadas por IA para apoyar la visualización, un asistente que resume y aclara sin adelantar la trama, y un sistema sencillo de seguimiento del progreso. En conjunto, estas piezas buscan mejorar la comprensión, atención sostenida, persistencia y disfrute en la lectura de novelas.

En comparación con trabajos previos, *LIVRARIO* no se limita a “leer sin distracciones” ni a ofrecer escenarios estéticamente agradables. Integra, en una misma experiencia, apoyo visual, ayuda textual y seguimiento de la lectura con un enfoque explícito en quienes no pueden imaginar escenas o presentan dificultades de concentración. Este enfoque integrado constituye el aporte principal en relación con las soluciones actualmente disponibles.

La validación de la problemática incluyó una encuesta con 61 respuestas. El 31% declaró dificultades para “ver” escenas o personajes al leer y el 39% señaló que ver imágenes/escenarios en realidad virtual mejoraría su comprensión o disfrute. El 33% reportó problemas significativos de atención y el 7% declaró contar con diagnóstico de TDAH. De forma consistente, más del 30% indicó que su mente divaga, que el entorno interrumpe la lectura y que debe releer con frecuencia. Además, el 51% consideró que un entorno virtual controlado mejoraría su

concentración, el 66% afirmó que elementos visuales y sonoros favorecerían un mayor involucramiento sin generar distracción, y el 80% estaría dispuesto a probar la lectura en VR.

Las entrevistas sumaron contexto cualitativo. Con la docente de literatura Paula Cuschnir se resaltó la importancia de mantener un “modelo mental” activo durante la lectura, el celular como distractor permanente y el valor de apoyos concretos (glosarios, aclaraciones, pequeñas actividades) para no perder el hilo. Con Donnie Sacristan, quien presenta dificultades en imaginarse lo que lee, se confirmó la ausencia de imágenes mentales, la tendencia a una lectura fragmentada en textos muy descriptivos, la preferencia por géneros más analíticos y la necesidad de cuidar el confort en VR para evitar malestares. En conjunto, estos datos respaldan las decisiones de diseño (entorno controlado, apoyos visuales con IA y asistente sin spoilers) y dejan como siguiente paso medir con mayor rigor el impacto en comprensión y atención.

Por otro lado, el prototipo tiene limitaciones claras dado que cubre únicamente tres géneros (fantasía, ciencia ficción y policial) y está en español. No se integra con plataformas de libros, no es multijugador, no genera visualizaciones “al vuelo” leyendo todo el texto, y no incluye módulos formales para evaluar rendimiento lector. Tampoco ofrece perfiles de accesibilidad ni estadísticas detalladas para el usuario o para un docente.

A partir de estos límites, se abren líneas concretas de trabajo futuro. La primera es ampliar la cobertura de contenidos: sumar más géneros, textos técnicos o educativos, y habilitar otros idiomas. Esto permitiría llegar a más lectores y contextos.

También es importante integrar la aplicación con bibliotecas y plataformas de ebooks. Poder importar de manera segura

libros ya comprados y respetar los mecanismos de gestión de derechos digitales (DRM) mejoraría la adopción y evitaría fricciones. Esto incluye soportar más formatos y flujos de carga sencillos.

Otra línea es la personalización. Perfiles que ajusten el nivel de estímulos visuales y sonoros, tamaño de letra, contraste, ayudas de vocabulario y ritmo de presentación pueden hacer la experiencia más cómoda para afantasia, TDAH y otras necesidades. La idea es que cada lector pueda personalizar la aplicación según sus necesidades.

En paralelo, resulta pertinente explorar visualizaciones más dinámicas y segmentadas por escena. Generar imágenes o panoramas 360° alineados a capítulos o marcadores del texto, sin revelar anticipadamente la trama, puede mejorar la coherencia entre lo que se lee y lo que se ve, siempre cuidando latencia y consistencia estética.

Por último, una variante educativa con actividades breves, preguntas guiadas y seguimiento pedagógico se perfila como una línea de trabajo natural. Podría ayudar a estudiantes que hoy abandonan textos por falta de foco o por barreras de vocabulario.

En síntesis, el trabajo sienta una base práctica para unir realidad virtual e inteligencia artificial al servicio de la lectura en personas con afantasia o TDAH. La propuesta *LIVRARIO* integra apoyo visual, ayuda textual y entornos sin distracciones en una sola aplicación. Los siguientes pasos son medir su efecto con mayor precisión, ampliar la cobertura e integraciones, y profundizar en la personalización, para pasar de un prototipo prometedor a una herramienta que aporte valor sostenido en comprensión, persistencia, atención y disfrute.

## Referencias

- [1] Dupont, W., Papaxanthis, C., Lebon, F., & Madden-Lombardi, C. (2024). Mental simulations and action language are impaired in individuals with aphantasia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 36(2), 261-271. Disponible en: <https://direct.mit.edu/jocn/article-abstract/36/2/261/118098/Mental-Simulations-and-Action-Language-Are>
- [2] Speed, L. J., Eekhof, L. S., & Mak, M. (2024). The role of visual imagery in story reading: Evidence from aphantasia. *Consciousness and Cognition*, 118, 103645. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053810024000126>
- [3] Romero-Ayuso, D., Toledano-González, A., Rodríguez-Martínez, M. D. C., Arroyo-Castillo, P., Triviño-Juárez, J. M., González, P., ... & Segura-Fragoso, A. (2021). Effectiveness of virtual reality-based interventions for children and adolescents with ADHD: a systematic review and meta-analysis. *Children*, 8(2), 70. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9067/8/2/70>
- [4] Kaplan-Rakowski, R., & Gruber, A. (2024). An experimental study on reading in high-immersion virtual reality. *British Journal of Educational Technology*, 55(2), 541-559. Disponible en: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4262124](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4262124)
- [5] Araiza, P. (2020). Children's memory of a story experienced with virtual reality versus traditional media technology. Disponible en: <https://ijvr.eu/article/view/3151>
- [6] Kunzova, N. (2023). Immersive reading in VR. Disponible en: <https://dl.designresearchsociety.org/iasdr/iasdr2023/doctoralpapers/17/>
- [7] Biblio—Reading App for Books and Comics in VR - Price History and Deals. (s. f.). Disponible en: <https://vrdb.app/game/biblio---reading-app-for-books-and-comics-in-vr/7448147755222436#:~:text=Rating%3A%203>
- [8] chronicbite. (2023, agosto 17). Just published Livro, a VR/AR Reader App for the Quest that lets you bring your favorite books, comics or manga into the digital world. [Reddit Post]. [https://www.reddit.com/r/OculusQuest/comments/15tsjrf/just\\_published\\_livro\\_a\\_vr\\_reader\\_app\\_for\\_the/](https://www.reddit.com/r/OculusQuest/comments/15tsjrf/just_published_livro_a_vr_reader_app_for_the/)
- [9] VR EBook by XRev Studio. (s. f.). Disponible en: <https://xrev-studio.itch.io/vr-ebook>.
- [10] VRCoolReader. (s. f.). APKPure.Com. Disponible en: <https://apkpure.com/vrcoolreader/vr.cool.reader>.
- [11] OculusRank. (s. f.). Meta Quest対応「XR Reader」Ver.0.3. Disponible en: <https://oculusrank.com/?id=6161303843907695>.
- [12] VirtualBookViewer no Meta Quest. (s. f.). Oculus. Disponible en: <https://www.meta.com/experiences/virtualbookviewer/2341468065880359/>.
- [13] UpReader—Apps en Google Play. (s. f.). Disponible en: [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.swenco.handsfreereader&hl=en\\_US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.swenco.handsfreereader&hl=en_US).
- [14] Pianzola, F., & Deriu, L. (2020, June). StoryVR: A virtual reality app for enhancing reading. In *International Conference in Methodologies and intelligent Systems for Technology Enhanced Learning* (pp. 281-288). Cham: Springer International Publishing. Disponible en: [http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-52287-2\\_29](http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-52287-2_29).
- [15] The Future of ADHD Treatment? LSU's VR Research Aims to Help Students Focus and Succeed. (s. f.). Disponible en: [https://www.lsu.edu/blog/2024/10/01/vr\\_adhdresearch\\_rh.php](https://www.lsu.edu/blog/2024/10/01/vr_adhdresearch_rh.php).