

## PROPUESTA PARA PROYECTO DE GRADO

### TÍTULO

MusicNet: Un Juego Didáctico Multijugador en red para la Enseñanza interactiva de Piano

### OBJETIVO GENERAL

Proveer una transmisión de audio estable y eficiente en condiciones de red variables, que permita la interacción en tiempo real mediante la detección y sincronización de sonidos musicales a través de una aplicación web multijugador para la enseñanza del piano

### ESTUDIANTE(S)

#### Valentina Rozo Gonzalez

Documento	Celular	Teléfono fijo	Correo Javeriano
CC. 1006795451	3108017236		rozovalentina@javeriana.edu.co

#### Paula Valentina López Cubillos

Documento	Celular	Teléfono fijo	Correo Javeriano
CC. 1007558160	3222375523		pvalentialopez@javeriana.edu.co

### DIRECTOR

#### Ing. Rafael Vicente Páez Méndez

Documento	Celular	Teléfono fijo	Correo Javeriano	Empresa donde trabaja y cargo
CC. 1234678	320-xxx-xxx	3208320 ext. 5338	paez-r@javeriana.edu.co	Pontificia Universidad Javeriana; Profesor Departamento de Sistemas

#### Ing. Gustavo Adolfo Ramírez Espinosa

Documento	Celular	Teléfono fijo	Correo Javeriano	Empresa donde trabaja y cargo
CC. 1015393168	3001501997	3208320	ramirez.g@javeriana.edu.co	Pontificia Universidad Javeriana; Profesor Departamento de Electrónica

## Contenido

<b>1 VISIÓN GLOBAL.....</b>	<b>3</b>
1.1 ANTECEDENTES, PROBLEMA Y SOLUCIÓN PROPUESTA.....	3
1.1.1 Descripción de la problemática u oportunidad.....	3
1.1.2 Formulación del problema.....	3
1.1.3 Propuesta de solución.....	4
1.1.4 Justificación de la solución.....	5
1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO .....	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos Específicos .....	5
1.3 ENTREGABLES, ESTÁNDARES UTILIZADOS Y JUSTIFICACIÓN.....	6
<b>2 ANÁLISIS DE IMPACTO .....</b>	<b>7</b>
<b>3 PROCESO .....</b>	<b>9</b>
3.1 FASE METODOLÓGICA 1: ANÁLISIS DE REQUISITOS .....	9
3.1.1 Método.....	9
3.1.2 Actividades .....	9
3.1.3 Resultados esperados .....	9
3.2 FASE METODOLÓGICA 2: DISEÑO DEL SISTEMA .....	9
3.2.1 Método.....	9
3.2.2 Actividades .....	10
3.2.3 Resultados esperados .....	10
3.3 FASE METODOLÓGICA 3: DESARROLLO DEL SISTEMA.....	10
3.3.1 Método.....	10
3.3.2 Actividades .....	10
3.3.3 Resultados esperados .....	10
3.4 FASE METODOLÓGICA 4: PRUEBAS E INTEGRACIÓN.....	11
3.4.1 Método.....	11
3.4.2 Actividades .....	11
3.4.3 Resultados esperados .....	11
3.5 FASE METODOLÓGICA 5: DOCUMENTACIÓN Y AJUSTES FINALES .....	11
3.5.1 Método.....	11
3.5.2 Actividades .....	11
3.5.3 Resultados esperados .....	12
<b>4 ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO .....</b>	<b>13</b>
4.1 COMPROMISO DE APOYO DE LA INSTITUCIÓN .....	13
4.2 DERECHOS PATRIMONIALES .....	13
<b>5 MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>

5.1 FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS RELEVANTES PARA EL PROYECTO .....	14
5.2 <i>Análisis de alternativas de solución</i> .....	15
<b>6 REFERENCIAS .....</b>	<b>18</b>

## 1 Visión global

### 1.1 Antecedentes, problema y solución propuesta

#### 1.1.1 Descripción de la problemática u oportunidad

La creciente adopción de aplicaciones en línea para la educación musical ha revelado un desafío clave: la pérdida de paquetes y la latencia en la transmisión de datos, lo que afecta la sincronización de sonidos en tiempo real. Esto es especialmente crítico en aplicaciones musicales multijugador, donde cualquier desfase entre la acción de los usuarios y el procesamiento del sonido puede interrumpir la experiencia y dificultar el aprendizaje efectivo.

El impacto de la pandemia de COVID-19 aceleró la digitalización de la educación, y aunque muchas aplicaciones han permitido la continuidad del aprendizaje musical, el aumento de la demanda también expuso las limitaciones técnicas en redes inestables. Según **Pokhrel y Chhetri (2021)**, el 94% de la población estudiantil mundial se vio afectada por la transición repentina a la educación en línea, lo que dejó en evidencia la falta de infraestructura adecuada para ofrecer una experiencia fluida en tiempo real en diversas áreas, incluida la educación musical. [1]

Investigaciones sobre la enseñanza musical han demostrado la efectividad de las herramientas interactivas y gamificadas para mejorar el compromiso y la personalización en el aprendizaje [2]. Sin embargo, aplicaciones como **JumpApp**, aunque innovadoras, no abordan de manera exhaustiva los problemas de sincronización y pérdida de datos en tiempo real en redes con alta latencia o fluctuaciones [2]. Esto deja una brecha en las soluciones existentes, destacando la necesidad de desarrollar aplicaciones educativas que integren tecnología de compensación de pérdida de paquetes y sincronización para mejorar la experiencia de usuario y la calidad del aprendizaje.

#### 1.1.2 Formulación del problema

El problema principal que se aborda en este trabajo es la dificultad de mantener una experiencia musical fluida y sincronizada en entornos de red con fluctuaciones de calidad, pérdida de paquetes y alta latencia. Estos factores afectan directamente la precisión y coordinación de las aplicaciones musicales en línea, en especial aquellas que requieren interacción en tiempo real. Sin una sincronización adecuada, los estudiantes no pueden desarrollar habilidades auditivas y rítmicas de manera efectiva, lo que limita el potencial de las plataformas educativas actuales.

La latencia y la pérdida de paquetes son desafíos técnicos importantes en redes inestables, lo que genera retrasos en la respuesta de las aplicaciones. Este desfase es crítico para la música, donde incluso pequeñas diferencias en el tiempo pueden distorsionar el

sonido y desincronizar la práctica. Es crucial que las aplicaciones educativas sean capaces de gestionar estos problemas de manera eficiente para evitar la frustración de los usuarios y asegurar la continuidad del aprendizaje, especialmente en contextos como la enseñanza del piano.

### 1.1.3 Propuesta de solución

La importancia de abordar esta problemática radica en la creciente dependencia de las plataformas de educación musical en línea. Según estudios recientes, el uso de aplicaciones basadas en web para el aprendizaje musical se ha vuelto indispensable para mantener el compromiso y la efectividad en el aprendizaje. Sin embargo, muchas de estas aplicaciones no están optimizadas para funcionar en condiciones de red variables, lo que reduce su potencial para ofrecer una experiencia de alta calidad en tiempo real.

**MusicNet** buscará superar estos desafíos mediante el uso de modelos predictivos de IA, como los propuestos en el **IEEE-IS<sup>2</sup> 2024 Music Packet Loss Concealment Challenge**, que permiten predecir y corregir la pérdida de paquetes, reduciendo la latencia y mejorando la sincronización. Estos avances tecnológicos garantizarán que la plataforma funcione de manera eficiente incluso en redes inestables, mejorando la precisión y fluidez en la enseñanza del piano.

Para asegurar una experiencia óptima en **MusicNet**, se deben cumplir ciertas métricas y superar limitaciones técnicas clave:

1. **Latencia máxima permitida:** La latencia entre el input (nota tocada) y el output (nota procesada) no debe superar los **100 ms**. En aplicaciones musicales, una latencia superior a este umbral genera desincronización perceptible, afectando negativamente la experiencia del usuario.[6]
2. **Pérdida de paquetes:** La aplicación deberá manejar de manera efectiva la pérdida de paquetes. **MusicNet** debe ser capaz de tolerar hasta un **15-20% de pérdida de paquetes**, utilizando modelos predictivos que aseguren una reconstrucción precisa del audio perdido.[7]
3. **Estabilidad en la red:** El jitter, o variación en los tiempos de transmisión, debe mantenerse por debajo de **30 ms** para garantizar la consistencia del audio y evitar interrupciones en la transmisión.[8]
4. **Sincronización entre jugadores:** La diferencia de sincronización entre los jugadores no debe exceder los **50 ms**. Si uno de los jugadores experimenta mayor latencia, la plataforma deberá ajustar dinámicamente la transmisión para mantener la coherencia entre ambos.[9]
5. **Buffering adaptativo:** El tamaño del buffer debe ajustarse dinámicamente dependiendo de las condiciones de la red, asegurando una compensación adecuada sin sacrificar la velocidad de respuesta en redes estables.[10]

Estas métricas son críticas para garantizar una experiencia musical interactiva y precisa, permitiendo que **MusicNet** funcione de manera eficiente en una variedad de entornos de conectividad.

#### 1.1.4 Justificación de la solución

La solución propuesta es adecuada porque aborda directamente los desafíos específicos de pérdida de paquetes y sincronización en aplicaciones musicales en línea, algo que las soluciones existentes no logran completamente. Aunque existen aplicaciones que permiten la enseñanza musical a distancia, muchas dependen de una infraestructura de red estable y no han implementado métodos robustos para manejar la pérdida de paquetes o la variabilidad en la latencia. MusicNet tiene un valor agregado sobre las soluciones actuales, ya que integra tecnologías avanzadas que permiten una mayor tolerancia a las fluctuaciones de la red, garantizando así una experiencia educativa más confiable y efectiva.

Específicamente, los desafíos que MusicNet supera incluyen la latencia y el jitter, que son manejados a través de la sincronización precisa del audio y técnicas de compensación de pérdida. Además, los métodos a utilizar incluyen algoritmos de corrección de errores, Buffering dinámico, y técnicas de interpolación para asegurar que la experiencia del usuario no se vea comprometida por las irregularidades en la red. En comparación con las soluciones existentes, MusicNet no solo ofrece una mejor tolerancia a los problemas de red, sino que también optimiza la interactividad y la precisión musical, aspectos críticos para la enseñanza eficaz de la música en línea.

### 1.2 Descripción general del proyecto

#### 1.2.1 Objetivo general

Proveer una transmisión de audio estable y eficiente en condiciones de red variables, que permita la interacción en tiempo real mediante la detección y sincronización de sonidos musicales a través de una aplicación web multijugador para la enseñanza del piano

#### 1.2.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar interfaces gráficas que permita a los usuarios interactuar con la aplicación para ejecutar ritmos y melodías en el piano.
2. Diseñar e implementar una modalidad multijugador que permita a dos jugadores competir simultáneamente, asegurando una sincronización efectiva entre ambos, cada uno utilizando su propio piano, en redes con fluctuaciones de calidad.
3. Implementar un sistema de compensación de pérdida de paquetes basado en el análisis de las propuestas del **IEEE-IS<sup>2</sup> 2024 Music Packet Loss Concealment Challenge**.

4. Implementar un módulo de detección y sincronización de sonidos que permita que la aplicación responda de manera efectiva a las entradas de los usuarios, mejorando la experiencia musical.
5. Validar la utilidad del sistema de compensación de pérdida de paquetes mediante un análisis comparativo antes y después de su implementación, evaluando el impacto en la experiencia musical.

### 1.3 Entregables, estándares utilizados y justificación

Entregable	Estándares asociados	Justificación
Aplicación web <b>MusicNet</b>	IEEE 829 (Documentación de Pruebas), ISO/IEC 25010 (Calidad de Software)	Proporciona un marco claro para asegurar que la aplicación cumpla con los estándares de calidad y funcionalidad, garantizando un desarrollo más eficiente y efectivo.
Documentación técnica del sistema	IEEE 1008 (Verificación del Software)	Asegura que todos los aspectos del desarrollo se registren adecuadamente, facilitando el mantenimiento y la actualización del software.
Informes de prueba de usuario	ISO 9241-11 (Usabilidad)	Evalúa la efectividad, eficiencia y satisfacción del usuario en la interacción con <b>MusicNet</b> , asegurando que la experiencia sea intuitiva
Manual de usuario y guía de instalación	ISO/IEC 26514 (Documentación de Usuario)	Proporciona instrucciones claras para los usuarios, facilitando la adopción y uso de la aplicación.
Informe final del proyecto	IEEE 830 (Especificación de Requisitos de Software)	Resume el desarrollo del proyecto, los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas, sirviendo como referencia para futuras mejoras.

## 2 Análisis de impacto

El impacto de **MusicNet** será significativo en distintos horizontes temporales, afectando positivamente a los estudiantes de música, las instituciones educativas y, en general, al ecosistema de la enseñanza musical en línea. A continuación, se describe el impacto esperado del proyecto a corto, mediano y largo plazo:

### Impacto a corto plazo:

En el corto plazo, **MusicNet** beneficiará directamente a estudiantes de música, especialmente aquellos que dependen de plataformas en línea para su formación musical. Al resolver problemas críticos como la latencia, la pérdida de paquetes y la sincronización en redes inestables, **MusicNet** mejorará considerablemente la experiencia de aprendizaje en tiempo real. Esto contribuirá a una enseñanza más eficiente, motivando a los estudiantes y garantizando una experiencia musical interactiva y fluida.

Para las instituciones educativas, **MusicNet** será una herramienta innovadora que podrá ser integrada en sus plataformas de enseñanza. Esto permitirá que los educadores ofrezcan una formación musical remota de mayor calidad, ayudando a mantener la continuidad del aprendizaje a distancia. A nivel institucional, **MusicNet** brindará una ventaja competitiva, destacándose como una solución robusta para la enseñanza musical.

### Impacto a mediano plazo:

En el mediano plazo, **MusicNet** podrá expandirse más allá de la enseñanza del piano, abarcando otros instrumentos musicales y atrayendo una base de usuarios más amplia. Su funcionalidad multijugador y su capacidad para manejar condiciones de red adversas lo posicionarán como un referente tecnológico en la educación musical.

El uso de modelos predictivos de IA para manejar la pérdida de paquetes y la sincronización en tiempo real destacará la relevancia de la inteligencia artificial en la solución de problemas tecnológicos complejos en el sector educativo. Esto abrirá nuevas oportunidades para la innovación en la enseñanza de música a distancia y en otras áreas relacionadas con la interactividad en tiempo real.

### Impacto a largo plazo:

A largo plazo, **MusicNet** tiene el potencial de transformar profundamente la educación musical en línea al facilitar un acceso más inclusivo y globalizado. Al democratizar el acceso a la enseñanza musical, **MusicNet** ofrecerá oportunidades a estudiantes de diversas partes del mundo, independientemente de sus condiciones socioeconómicas o geográficas. Esto contribuirá a la reducción de las brechas en el acceso a la educación musical, especialmente en regiones con conectividad limitada o infraestructura educativa escasa.

Además, los avances tecnológicos implementados en **MusicNet** podrían servir de base para futuras investigaciones y desarrollos en otras áreas que requieran interactividad en



tiempo real, como los videojuegos en línea, las aplicaciones colaborativas o la educación a distancia en otras disciplinas. De esta manera, **MusicNet** no solo impactará el sector educativo, sino que también contribuirá al crecimiento de la investigación y desarrollo tecnológico, incrementando su relevancia en el largo plazo.

**Impacto Social:**

Desde una perspectiva social, **MusicNet** fomentará el acceso equitativo a la educación musical, permitiendo a estudiantes de diversas circunstancias mejorar sus habilidades musicales a través de una plataforma accesible y dinámica. La eliminación de barreras tecnológicas relacionadas con la conectividad y la sincronización no solo mejorará la experiencia educativa, sino que también fortalecerá la confianza en el aprendizaje en línea. Además, al proporcionar una enseñanza de calidad, **MusicNet** contribuirá a la formación de nuevos músicos, promoviendo el desarrollo cultural y artístico a nivel global.

## 3 Proceso

Esta sección presenta el proceso de desarrollo del proyecto de grado. Para la gestión del desarrollo, se utilizará una combinación de Kanban y algunos elementos de SCRUM. El uso de Kanban permitirá una gestión visual del flujo de trabajo, facilitando la identificación de bloqueos y asegurando que el equipo pueda adaptarse rápidamente a los cambios. SCRUM, por su parte, aporta elementos como las revisiones periódicas (sprints) y reuniones de retrospectiva, que ayudarán a mantener un ciclo de mejora continua. Ambas metodologías se integran para ofrecer flexibilidad y organización, ajustándose a las necesidades dinámicas del proyecto.

### 3.1 Fase metodológica 1: Análisis de requisitos

Esta fase se centra en la recolección de requisitos, investigación de tecnologías clave y planificación general del proyecto.

#### 3.1.1 Método

En esta fase se aplicará la metodología SCRUM para la planificación y recolección de requisitos, con reuniones de planificación de sprints para definir los objetivos del sistema. A su vez, se utilizarán tableros Kanban para el seguimiento visual de las tareas relacionadas con la definición de requerimientos, facilitando la organización de las actividades del equipo.

#### 3.1.2 Actividades

- Definir los requisitos funcionales y no funcionales.
- Investigación de tecnologías clave (detección de sonido, comunicación en tiempo real, y compensación de pérdida de paquetes).
- Creación de un backlog de requisitos priorizados para el sistema.

#### 3.1.3 Resultados esperados

- Documento de especificación de requisitos.
- Lista priorizada de funcionalidades a desarrollar (backlog).
- Investigación documentada de tecnologías viables para el proyecto.

### 3.2 Fase metodológica 2: Diseño del sistema

En esta fase se diseña la arquitectura del sistema y se desarrollan los prototipos de las interfaces gráficas.

#### 3.2.1 Método

La metodología Kanban será clave en esta fase para gestionar el avance de las tareas relacionadas con el diseño de la arquitectura del sistema, las interfaces gráficas y la

estructura del juego. SCRUM contribuirá con ciclos cortos de planificación y revisión para evaluar prototipos y asegurarse de que el diseño se alinea con los requisitos establecidos.

### **3.2.2 Actividades**

- Diseño de la arquitectura del sistema, enfocándose en la modalidad multijugador y la sincronización de notas.
- Creación de prototipos de la interfaz gráfica de usuario (usando herramientas como Figma o Adobe XD).
- Definición de los flujos de interacción del usuario dentro del juego.

### **3.2.3 Resultados esperados**

- Arquitectura del sistema definida, incluyendo el modelo de comunicación multijugador.
- Prototipo de la interfaz gráfica validado.
- Documento con los flujos de usuario y la experiencia de juego.

## **3.3 Fase metodológica 3: Desarrollo del sistema**

Esta fase cubre la implementación de la modalidad multijugador, la detección de notas musicales y la compensación de la pérdida de paquetes.

### **3.3.1 Método**

El desarrollo se hará de forma iterativa, con ciclos cortos basados en SCRUM, asegurando la entrega continua de módulos funcionales. Kanban se utilizará para gestionar las tareas diarias de desarrollo, visualizando el progreso y asegurando que el flujo de trabajo se mantenga sin bloqueos. Cada sprint culminará con una revisión de los avances y la integración de los componentes.

### **3.3.2 Actividades**

- Desarrollo del sistema multijugador y lógica de juego.
- Implementación del sistema de compensación de pérdida de paquetes.
- Desarrollo del módulo de detección y sincronización de sonidos.

### **3.3.3 Resultados esperados**

- Módulo multijugador funcional.
- Sistema de compensación de pérdida de paquetes implementado y probado.
- Módulo de detección de sonido integrado.

## 3.4 Fase metodológica 4: Pruebas e integración

En esta fase se realizarán pruebas unitarias y de integración del sistema completo, verificando el rendimiento en condiciones de red variables.

### 3.4.1 Método

Las pruebas seguirán un enfoque SCRUM, con ciclos de sprints dedicados a la evaluación de módulos individuales y pruebas de integración. El tablero Kanban seguirá siendo utilizado para la gestión de tareas relacionadas con la corrección de errores y la evaluación de rendimiento, asegurando que cada módulo cumple con los estándares de calidad antes de la integración final.

### 3.4.2 Actividades

- Pruebas unitarias de cada componente.
- Pruebas de integración para evaluar el funcionamiento global del sistema.
- Evaluación del rendimiento del sistema bajo diferentes condiciones de red.

### 3.4.3 Resultados esperados

- Sistema probado y validado bajo diferentes condiciones de latencia y pérdida de paquetes.
- Todos los módulos completamente integrados.
- Informe de pruebas y evaluación de la experiencia del usuario.

## 3.5 Fase metodológica 5: Documentación y ajustes finales

Finalmente, se ajustarán los aspectos técnicos y se completará la documentación necesaria para la entrega del proyecto.

### 3.5.1 Método

Para los ajustes finales y la documentación del proyecto, se utilizarán revisiones rápidas del tablero Kanban para asegurar que todas las tareas de finalización estén completas. SCRUM aportará la estructura para realizar retrospectivas, asegurando que los últimos ajustes sean ejecutados con base en el feedback de pruebas, y que toda la documentación esté lista para la entrega final.

### 3.5.2 Actividades

- Ajustes finales en el sistema según feedback de pruebas.
- Redacción de la documentación técnica y manuales de usuario.
- Revisión final de todos los componentes.

### **3.5.3 Resultados esperados**

- Sistema ajustado y optimizado para la entrega final.
- Documentación técnica y manuales de usuario completados.
- Propuesta de proyecto finalizada y entregada.

## 4 Aspectos generales del proyecto

### 4.1 Compromiso de apoyo de la Institución

*Cuando el proyecto de grado se realiza en una Institución, se debe adicionar una carta en donde la Institución se compromete a apoyar al estudiante con los recursos que éste necesita para realizar y finalizar adecuadamente su proyecto de grado. Estos recursos pueden ser: datos, plataforma tecnológica, asesoría, etc.*

### 4.2 Derechos patrimoniales

*Los derechos morales de toda producción intelectual, en este caso, derivada de los trabajos de grado, siempre será del estudiante. Cuando el proyecto de grado se realiza en una Institución, se debe aclarar a quién le corresponden los derechos patrimoniales. Si el producto es un software, explicar el tipo de licenciamiento que se dejará para la Universidad. Si es una ayuda didáctica o si es un producto que aporta a un problema que responde a un trabajo de varias personas en un grupo de investigación se deberá ser explícito de que los derechos patrimoniales son de la Universidad.*

## 5 Marco teórico

### 5.1 Fundamentos y conceptos relevantes para el proyecto

#### **Sincronización y latencia en la educación musical en línea:**

El auge de las plataformas educativas en línea, especialmente durante la pandemia de COVID-19, ha revelado varios desafíos técnicos, particularmente en las aplicaciones musicales que requieren interacción en tiempo real. Entre los problemas más críticos se encuentran la latencia, la pérdida de paquetes y el jitter. La latencia se refiere al retraso entre la acción del usuario y la respuesta del sistema. En aplicaciones musicales, este retraso no debe superar los 100 ms, ya que una latencia mayor afecta la precisión y fluidez, dificultando el aprendizaje eficaz. Además, el jitter, que representa la variabilidad en los tiempos de transmisión, puede generar interrupciones en la sincronización del sonido entre múltiples usuarios.

#### **Compensación de la pérdida de paquetes:**

La pérdida de paquetes ocurre cuando fragmentos de datos no llegan a su destino, afectando la continuidad del audio. En aplicaciones de enseñanza musical en tiempo real, esta pérdida compromete la calidad de la experiencia del usuario. Para resolver este problema, MusicNet implementa modelos predictivos de Inteligencia Artificial (IA), que permiten predecir y corregir la pérdida de paquetes de manera automática. Esto garantiza que la transmisión de audio permanezca fluida y precisa, incluso en redes inestables. Además, MusicNet utiliza un *buffering* dinámico que ajusta los tiempos de reproducción en función de las condiciones de la red, lo que asegura una experiencia continua sin sacrificar la velocidad de respuesta en redes estables.

#### **Psicología del jugador: motivación y experiencia del usuario:**

Un aspecto crucial en el éxito de plataformas como MusicNet es la psicología del jugador, que se refiere a cómo los usuarios interactúan con la plataforma y qué factores influyen en su motivación, satisfacción y experiencia de aprendizaje. Según estudios sobre teoría de la gamificación en educación, la motivación de los estudiantes aumenta significativamente cuando se integran elementos de juego, tales como recompensas, logros y retroalimentación en tiempo real. MusicNet adopta este enfoque, midiendo continuamente el nivel de motivación y el gusto de los usuarios por la plataforma, utilizando métricas como la frecuencia de uso, el tiempo invertido en las lecciones y la interacción con las funciones de juego. Esto no solo mejora la retención de los usuarios, sino que también fomenta un aprendizaje más eficaz y agradable.

#### **Medición de la motivación y experiencia del usuario:**

Para evaluar la motivación y el gusto por usar la aplicación, MusicNet integrará encuestas de satisfacción en momentos clave de la experiencia del usuario, además de rastrear datos cuantitativos como:

- Frecuencia de uso: Cuántas veces los estudiantes utilizan la plataforma en una semana.
- Progreso en los niveles: Qué tan rápido avanzan los estudiantes a través de los diferentes módulos.
- Retroalimentación directa: Opiniones de los usuarios sobre qué tan divertida o frustrante encuentran la experiencia de aprendizaje.

Este enfoque basado en la psicología del jugador no solo garantiza que los estudiantes disfruten del proceso de aprendizaje, sino que también mejora los resultados educativos al hacer que la enseñanza del piano sea más accesible y entretenida.

### **Tecnologías de procesamiento de señales digitales (DSP):**

El procesamiento de señales digitales (DSP) es fundamental para la optimización del audio en tiempo real en MusicNet. Los algoritmos DSP permiten la sincronización precisa del sonido y el ajuste continuo de la transmisión para asegurar una experiencia uniforme para todos los usuarios, independientemente de las condiciones de la red.

## **5.2 Análisis de alternativas de solución**

### **5.2.1 Alternativas de solución e impacto**

#### **1. JumpApp:**

JumpApp es una plataforma de enseñanza musical gamificada que se ha utilizado con éxito para incrementar el compromiso de los estudiantes. Sin embargo, no aborda de manera efectiva los problemas de **sincronización en tiempo real y pérdida de paquetes**, lo que limita su aplicabilidad en entornos de red inestables.

#### **2. Métodos convencionales de enseñanza de música en línea:**

Las videollamadas y plataformas educativas comunes permiten una enseñanza a distancia, pero suelen experimentar problemas como **latencia elevada y desincronización**, lo que dificulta la enseñanza musical, especialmente en ejercicios que requieren una coordinación temporal precisa.

#### **3. Aplicaciones basadas en tecnología P2P (peer-to-peer):**

Las plataformas P2P ofrecen ventajas al permitir conexiones directas entre los usuarios, lo que puede mejorar la velocidad de transmisión de datos. Sin embargo, **no ofrecen soluciones robustas para la latencia ni para la pérdida de paquetes**, lo que puede impactar negativamente en la experiencia de aprendizaje musical.



### 5.2.2 Comparación de alternativas

**MusicNet** destaca por su capacidad para gestionar la **latencia** y la **pérdida de paquetes** mediante **modelos predictivos avanzados** y **algoritmos de procesamiento de señales digitales (DSP)**. Mientras que plataformas como **JumpApp** son efectivas para aumentar la motivación a través de la gamificación, no logran resolver los problemas críticos de sincronización en tiempo real. **MusicNet**, en cambio, ofrece una experiencia fluida y precisa en entornos de red inestables, superando las limitaciones de otras soluciones y proporcionando una enseñanza musical interactiva de alta calidad.

Alternativa	Ventajas	Desventajas	Impacto Técnico y Educativo
<b>JumpApp</b> (Olivieri et al., 2023)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plataforma gamificada para enseñanza musical.</li> <li>- Aumenta la motivación y el compromiso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No aborda la sincronización de audio en tiempo real.</li> <li>- No maneja la pérdida de paquetes o latencia en redes inestables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo impacto en la calidad de la experiencia educativa debido a la falta de soluciones para sincronización de audio en tiempo real.</li> </ul>
<b>P.I.A.N.O.</b> (Rogers et al., 2014)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema interactivo basado en proyección para aprendizaje de piano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depende de redes locales estables.</li> <li>- No incluye mecanismos para compensar la pérdida de paquetes o latencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitado a entornos locales estables, sin soluciones para redes inestables.</li> <li>- Menor aplicabilidad en educación en línea.</li> </ul>
<b>Internet MIDI</b> (Pike, 2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transmisión eficiente de datos MIDI.</li> <li>- Especialmente diseñado para enseñanza musical a distancia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enfocado en MIDI, no en audio en tiempo real.</li> <li>- MIDI no puede capturar expresividades musicales complejas como el timbre, articulación o dinámicas detalladas.</li> <li>- No soluciona problemas de jitter o latencia en redes con fluctuaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicable a educación a distancia, pero insuficiente para audio en tiempo real, limitando la interactividad y sincronización precisa durante la enseñanza musical.</li> </ul>
<b>Protocolo OSC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite la transmisión de datos musicales con mayor flexibilidad que MIDI.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere redes con mayor ancho de banda y latencias bajas para un rendimiento óptimo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora la interacción musical remota al capturar detalles expresivos más complejos,</li> </ul>

	- Soporta expresividad compleja como el control preciso de timbre y dinámica.	- Más complejo de implementar que MIDI.	ofreciendo una experiencia educativa más inmersiva en comparación con MIDI.
--	---	---	---

**Solución Propuesta**

<b>MusicNet</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sincronización de audio en tiempo real.</li><li>- Tolerante a la pérdida de paquetes mediante algoritmos de corrección.</li><li>- <i>Buffering</i> dinámico ajustable.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Complejidad técnica en la implementación de los algoritmos de compensación y <i>buffering</i>.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Alto impacto en redes inestables debido a la capacidad de mantener una experiencia de aprendizaje fluida y precisa.</li><li>- Supera limitaciones de desincronización, mejorando la experiencia educativa.</li></ul>
-----------------	--	--	--

## 6 Referencias

1. Pokhrel, S., & Chhetri, R. (2021). A Literature Review on Impact of COVID-19 Pandemic on Teaching and Learning. *Higher Education for the Future*, 8(1), 133–141. <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/2347631120983481>
2. Olivieri, M., Simeon, F., Comanducci, L., Antonacci, F., & Sarti, A. (2023). JumpApp: an online didactic game for music training and education. *2023 4th International Symposium on the Internet of Sounds, ISIoS 2023*. <https://doi.org/10.1109/IEEECONF59510.2023.10335343>
3. Amazon Web Services, Inc. (2024). ¿Qué es la latencia? <https://aws.amazon.com/es/what-is/latency/#:~:text=La%20latencia%20de%20red%20es,res-puesta%20r%C3%A1pidos%20tienen%20una%20baja>
4. Marquez Aguilera, J. E. (2020). *Impacto del uso de tecnologías de información y comunicación en el rendimiento académico de los estudiantes de secundaria en la ciudad de Santa Cruz*. Universidad Católica Boliviana "San Pablo". <https://dspace.scz.ucb.edu.bo/dspace/bitstream/123456789/998/1/3995.pdf>
5. Zurbarán, M., & Sanmartin, P. (2016). Efectos de la Comunicación en una Red Ad-Hoc. *Investigación E Innovación En Ingenierías*, 4(1). <https://doi.org/10.17081/invinno.4.1.2022>
6. Borkowski, M., & Wysocki, J. (2012). *Latency in Real-Time Systems: What Are the Requirements?* In Proceedings of the 2012 11th International Conference on ICT and Accessibility (ICTA).
7. Huang, M., & Jiao, L. (2005). *Packet Loss Recovery for Real-Time Voice Communication in Wireless Networks*. *International Journal of Network Management*, 15(4), 237-253.
8. Cavalcante, J. F., & da Silva, A. A. (2018). *Impact of Jitter on VoIP Quality in Wireless Networks*. *International Journal of Computer Applications*, 182(17), 8-12.
9. Dahlgren, T., & Berenji, B. (2017). *On Latency in Multiplayer Games: Effects of Synchronization and Strategies for Improvement*. In Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Communications (ICC).
10. Zhang, C., & Wu, Z. (2015). *Adaptive Streaming of Video over Wireless Networks: A Survey*. *IEEE Transactions on Multimedia*, 17(2), 170-182.