



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN DESARROLLO DE
VIDEOJUEGOS Y REALIDAD VIRTUAL

**El Impacto del Audio Tridimensional en la
Experiencia Inmersiva y Emocional del Jugador
en Videojuegos de Terror**

PATRICIO ARTURO JIMÉNEZ ALARCÓN

Profesora Guía: LIZA JEGO MENDOZA

Memoria para optar al título de
Ingeniero en Desarrollo de Videojuegos y Realidad Virtual

Talca – Chile
Julio, 2026



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN DESARROLLO DE
VIDEOJUEGOS Y REALIDAD VIRTUAL

**El Impacto del Audio Tridimensional en la
Experiencia Inmersiva y Emocional del Jugador
en Videojuegos de Terror**

PATRICIO ARTURO JIMÉNEZ ALARCÓN

Profesora Guía: LIZA JEGO MENDOZA

Memoria para optar al título de
Ingeniero en Desarrollo de Videojuegos y Realidad Virtual

El presente documento fue calificado con nota: _____

Talca – Chile

Julio, 2026

Dedicado a mis padres, hermanos, abuelos, tíos y amigos que amo y quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a toda mi familia que desde que llegué a este mundo, fueron el pilar fundamental formando y criando al hombre que soy ahora, espero no haber sido muy porfiado.

Agradecer también a profesores y autoridades que depositaron en mí una carta de confianza que me permitiera desarrollar y demostrar mis capacidades a lo largo de estos años.

Por último, quiero extender un agradecimiento a todos mis amigos, desde aquellos que me acompañaron y me siguen acompañando desde el colegio hasta ahora, disfrutando siempre las tonterías de las que hablamos y las risas que me brindan, aunque no estemos jugando jueguitos de computadora en este punto de la vida muy a menudo. También aquellos que la vida puso en mi camino en esta aventura universitaria, donde encontré mi segundo hogar (aunque muchos digan que paso más tiempo en la casa de ellos que en la mía, jaja). Gracias por estos años, cada plan, cada locura, cada traspasada intentando completar trabajos lateros, esas cosas las guardaré y atesoraré por siempre, los quiero a todos.

TABLA DE CONTENIDOS

	página
Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Tabla de Contenidos	III
Índice de Figuras	VI
Índice de Tablas	VII
Resumen	VIII
 1. Introduucción	 1
1.1. Problema y oportunidad	2
1.2. Objetivo general	2
1.3. Objetivos específicos	2
1.4. Pregunta de Investigación	3
 2. Marco Teórico	 4
2.1. Audio 3D e Inmersión	4
2.2. Modelos de Inmersión y Presencia	4
2.3. Audio y Terror: Mecanismos Psicoacústicos	5
2.4. Hallazgos Recientes y Brechas de Investigación	6
2.5. Fundamentos del audio espacial	6
2.5.1. Propagación, oclusión y reverberación	7
2.6. Inmersión y presencia	7
2.6.1. Presencia y telepresencia	7
2.7. Respuesta afectiva y medición	8
2.8. Audio y terror: parámetros de diseño	9
2.8.1. Soundscapes y coherencia diegética	9
2.9. Síntesis, debates y vacíos	10

3. Metodología	11
3.1. Metodología experimental basada en Kockesen	12
3.1.1. Participantes	13
3.1.2. Materiales	14
3.1.3. Procedimiento	14
3.1.4. Metodología del Desarrollo del prototipo	16
3.2. Plan de Análisis Estadístico	18
4. Experimentos y Resultados	19
4.1. Características de la Muestra	19
4.2. Modelo Fisiológico Principal (LMM)	19
4.3. Comparaciones por Pares	21
4.4. Discusión y Triangulación con Cuestionarios	23
5. Conclusiones	24
5.1. Respuesta a la Pregunta de Investigación	24
5.2. Conclusiones de la Investigación	25
5.3. Escalabilidad, Limitaciones y Trabajo Futuro	26
5.4. Lineamientos de Diseño para Horror Interactivo	26
Glosario	28
Bibliografía	30
A: Carta Gantt	32
Anexo: Carta Gantt en hoja de cálculo	32
B: Cuestionario de Tendencias Inmersivas (ITQ)	33
Cuestionario de Tendencias Inmersivas (ITQ)	33
C: Formulario de Consentimiento Informado	34
Anexo: Formulario de Consentimiento Informado	34
D: Demo Jugable del Prototipo	38
Anexo: Demo Jugable del Prototipo	38

E: Video Demo Jugable del Prototipo	39
Anexo: Video Demo Jugable del Prototipo	39
F: Cuestionario de Miedo e Inmersión Post-Juego	40
Anexo: Cuestionario de Miedo e Inmersión Post-Juego	40
G: Documento de Diseño de Juego (GDD)	42
Anexo: Documento de Diseño de Juego (GDD)	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	página
3.1. Capturas de pantalla del prototipo.	17
4.1. Resultados de frecuencia cardíaca por condición de audio: trayectoria individual por participante (izquierda) y diagramas de caja del BPM promedio (derecha).	22
C.1. Formulario de Consentimiento Informado - Página 1.	35
C.2. Formulario de Consentimiento Informado - Página 2.	36
C.3. Formulario de Consentimiento Informado - Página 3.	37

ÍNDICE DE TABLAS

	página
4.1. Resultados del Modelo Lineal Mixto para Frecuencia Cardíaca (BPM).	20
4.2. Comparaciones por Pares de Medidas Fisiológicas.	21

RESUMEN

El género de terror en videojuegos busca generar una experiencia inmersiva en la cual el jugador experimente emociones intensas como miedo, tensión e incertidumbre. Tradicionalmente se ha priorizado el diseño visual. No obstante, investigaciones recientes destacan el papel crucial del sonido espacial (3D) para potenciar tanto la inmersión como la respuesta afectiva. Estudios previos demuestran que las señales sonoras ambiguas o no confiables aumentan significativamente el nivel de miedo al generar incertidumbre sobre la presencia de amenazas. Si bien la literatura ha establecido de forma independiente el valor del audio espacial y el impacto de la falta de fiabilidad sonora, existe una brecha en el estudio de la interacción sinérgica entre ambos factores.

La presente investigación analiza el impacto del audio tridimensional y la manipulación de la fiabilidad de las señales sonoras (fiables frente a inestables) en la experiencia inmersiva y emocional. Para ello, se integran tres marcos conceptuales clave: la teoría de respuesta afectiva (Affective Response Theory), el modelo de componentes de la experiencia de juego (SCI: inmersión sensorial, basada en desafíos e imaginativa) y los hallazgos sobre audio espacial y emociones.

El estudio se llevó a cabo mediante un diseño intra-sujeto en el que los participantes experimentaron distintas condiciones de juego. Esto facilitó la comparación entre configuraciones de audio estéreo y 3D. Se evaluó la influencia del posicionamiento espacial y de la fiabilidad sonora en la sensación de inmersión, empleando el Cuestionario de Tendencias Inmersivas . Asimismo, la respuesta emocional se determinó a través de auto-reportes y de métricas fisiológicas de frecuencia cardíaca. Este análisis se complementó con el desarrollo de un prototipo de videojuego de survival horror en primera persona. Los resultados evidenciaron que el audio 3D incrementa la inmersión sensorial, mientras que las señales inestables potencian la respuesta emocional ante estímulos y la respuesta afectiva asociada al miedo y la ansiedad. A partir de estos hallazgos, se proponen lineamientos de diseño sonoro transferibles para optimizar el uso de audio espacial en experiencias interactivas de horror.

1. Introducción

A lo largo de las últimas décadas, el audio en los videojuegos ha evolucionado desde esquemas mono y estéreo hacia sistemas multicanal. En la actualidad, los renderizados espaciales y binaurales permiten transmitir dirección, distancia y elevación con alta fidelidad. Esta transición tecnológica ha transformado profundamente el diseño de atmósferas, la orientación situacional del usuario y el modelado del miedo, especialmente en el subgénero del *survival horror* [1, 2].

En los títulos de cámara fija de fines de los años 90 y comienzos de los 2000, el paisaje sonoro ya desempeñaba un rol narrativo y de tensión a través de efectos puntuales. Sin embargo, la adopción de la espacialización precisa desplazó parte de la inducción del miedo hacia la anticipación auditiva y el rastreo de amenazas fuera de la pantalla. Esto reconfiguró el ritmo, la exploración y la dosificación del terror en el medio interactivo [1, 3].

Por otra parte, el desarrollo de herramientas de software intermedio (*middleware*) y motores de juego con soporte nativo para funciones de transferencia relacionadas con la cabeza (HRTF), oclusión, obstrucción y reverberación física ha facilitado prácticas de diseño sonoro basadas en datos. En este contexto, el equilibrio entre información auditiva fiable y ambigua constituye una herramienta de diseño central para modular la incertidumbre y la ansiedad del jugador [2].

Estudios experimentales en el ámbito del terror sugieren que la comparación entre configuraciones de audio estéreo y audio tridimensional revela incrementos significativos tanto en la inmersión y presencia auto-reportadas como en el ámbito fisiológico. [4]. Adicionalmente, manipular la fiabilidad de las señales sonoras mediante pistas espaciales intermitentemente engañosas intensifica el miedo, al introducir incertidumbre sobre la proximidad de los peligros [5].

Recientemente, las mejoras en algoritmos de renderizado espacial han demostrado elevar la calidad de localización percibida y el involucramiento afectivo. Este efecto se potencia cuando el diseño de sonido se integra de forma orgánica con las mecánicas del juego, consolidando el rol del audio 3D como un eje de evaluación prioritario en el terror interactivo [6, 2].

1.1. Problema y oportunidad

Existe una brecha considerable entre el potencial técnico del audio 3D y su implementación metodológica dentro de la industria de videojuegos de terror. Actualmente, se observa una escasez de protocolos experimentales homologables, métricas que integren respuestas subjetivas y fisiológicas de forma sincrónica, y directrices de diseño aplicadas que traduzcan los hallazgos científicos en decisiones concretas de producción en el motor de juego [2, 7].

La presente investigación aborda esta problemática mediante el diseño e implementación de un prototipo experimental controlado, desarrollado como una sección vertical de juego o *vertical slice* de *survival horror*. Esta aproximación permite aislar el diseño sonoro como la variable independiente principal del estudio. De este modo, es posible garantizar que las fluctuaciones en la experiencia del usuario se atribuyan directamente al posicionamiento tridimensional del sonido y a la manipulación de la fiabilidad de las señales auditivas, controlando el impacto de variables externas como mecánicas de juego desbalanceadas o discrepancias visuales significativas [4, 5].

1.2. Objetivo general

Evaluar el impacto del audio tridimensional y la manipulación de la fiabilidad de las señales sonoras en la experiencia inmersiva y emocional del jugador en un videojuego de terror.

1.3. Objetivos específicos

OE1: Implementar un prototipo de videojuego de terror en primera persona del género *survival horror*, que sirva como entorno experimental controlado para la

conmutación sistemática de condiciones de audio y el registro sincrónico de telemetría de eventos de juego.

- OE2: Medir la relación entre las propiedades físicas de las señales sonoras y las variaciones continuas de la frecuencia cardíaca de los usuarios, para determinar la influencia del audio en el arousal fisiológico de miedo.
- OE3: Aplicar instrumentos de medición psicométrica estandarizados de forma diferida.
- OE4: Comparar el nivel de inmersión, presencia y respuesta emocional subjetiva de los participantes entre configuraciones de audio estéreo y audio tridimensional (3D),

1.4. Pregunta de Investigación

¿Cómo influye el uso de audio tridimensional y la manipulación de señales sonoras fiables e inestables en la experiencia inmersiva y emocional del jugador en videojuegos de terror?

Para facilitar la comprensión de la investigación, el presente documento se estructura en cinco capítulos principales que abordan el estudio de forma secuencial. El Capítulo 1 (Introducción) plantea la problemática, la justificación metodológica, la pregunta de investigación y los objetivos correspondientes. El Capítulo 2 (Marco Teórico) expone los fundamentos físicos y matemáticos de la espacialización de audio, la caracterización de los modelos de inmersión y presencia, y la revisión del estado del arte en torno al diseño sonoro y las respuestas emocionales. El Capítulo 3 (Metodología) detalla el diseño cuantitativo intra-sujeto basado en la manipulación de señales, especificando la arquitectura de telemetría del prototipo desarrollado en Unity, la selección de la muestra y el protocolo cronológico de las pruebas experimentales. El Capítulo 4 (Experimentos y Resultados) exhibe los hallazgos estadísticos derivados del modelo lineal mixto de frecuencia cardíaca, las comparaciones por pares y la triangulación con las respuestas de las escalas subjetivas. Finalmente, el Capítulo 5 (Conclusiones) sintetiza el nivel de cumplimiento de los objetivos del proyecto, discute las limitaciones metodológicas e introduce directrices de diseño y propuestas de trabajo futuro.

2. Marco Teórico

2.1. Audio 3D e Inmersión

La investigación académica converge en que el audio espacializado incrementa inmersión y presencia psicológica, demostraron que sonidos 3D que simulan aproximación activan el sistema nervioso simpático de manera análoga a invasión real de espacio personal [2]. Posteriormente, se validaron mediante medidas fisiológicas (EDA, FC) que mejoras software de audio espacial incrementan significativamente calidad percibida, localización espacial e involucramiento emocional en VR, especialmente cuando la arquitectura sonora se integra cuidadosamente con el contenido [6].

2.2. Modelos de Inmersión y Presencia

El modelo SCI de Ermi y Mäyrä (2005) diferencia inmersión sensorial, basada en desafíos e imaginativa, proporcionando un marco robusto para analizar contribuciones específicas del audio [3]. La presencia (sensación de “estar ahí”) se distingue de la inmersión técnica y depende tanto de las capacidades del sistema como de factores de diseño e individuales [1].

Para efectos de esta investigación, resulta fundamental establecer definiciones formales para ambos conceptos. La **inmersión** se define como la relación multidimensional entre el jugador y el videojuego, caracterizada por tres componentes: inmersión sensorial (estimulación de los sentidos), inmersión basada en desafíos (desempeño cognitivo y motor) e inmersión imaginativa (conexión narrativa y empática) [3]. Metodológicamente, se evalúa cuantitativa y cualitativamente a través de escalas

psicométricas estandarizadas de autorreporte, tales como el Cuestionario de Tendencias Inmersivas (ITQ; ver Anexo B), y registros de comportamiento. Por su parte, la **presencia** es el estado psicológico subjetivo de experimentar el entorno virtual como si fuera real, es decir, la ilusión de no mediación [1]. Su medición se efectúa de forma diferida mediante cuestionarios estandarizados post-experiencia (ver Anexo F).

Cabe destacar que investigaciones previas sobre la fiabilidad de las señales sonoras, como el estudio de Gizem Kockesen (2015), basaron su validación puramente en cuestionarios y auto-reportes *in-game* de los jugadores, sin utilizar validación biométrica [5]. La presente investigación plantea una evolución empírica al contrastar y cruzar las métricas de respuesta subjetiva (Cuestionario de Tendencias Inmersivas - ITQ; ver Anexo B) con datos fisiológicos reales medidos durante el *gameplay*, brindando una base más robusta y objetiva para evaluar el nivel de inmersión y la respuesta emocional del usuario.

2.3. Audio y Terror: Mecanismos Psicoacústicos

Grimshaw (2009) conceptualizó el “valle inquietante auditivo” (*audio uncanny valley*) para referirse a sonidos ambiguos o acusmáticos que generan extrañeza y miedo al explotar la incertidumbre perceptual del oyente [8]. En la industria de los videojuegos, este principio ha sido ampliamente explotado para modular la tensión. Por ejemplo, en *Dead Space* (Visceral Games, 2008), el motor de audio dinámico utiliza el posicionamiento tridimensional para simular la presencia de criaturas en conductos de ventilación fuera de pantalla, empleando la oclusión y la obstrucción para elevar la actividad del sistema nervioso autónomo del jugador. De manera similar, en *Resident Evil 7: Biohazard* (Capcom, 2017), la perspectiva en primera persona se complementa con espacialización precisa por HRTF, permitiendo rastrear auditivamente a los enemigos a través de paredes y pisos de madera, aumentando la anticipación antes del contacto visual.

Por otro lado, la manipulación de la fiabilidad sonora constituye una estrategia clásica en el género. En *Silent Hill* (Konami, 1999), el uso de una radio portátil que emite estática ante la proximidad de criaturas funciona como una señal inestable: advierte la presencia de una amenaza, pero no su ubicación exacta ni su dirección, manteniendo al jugador en un estado basal de ansiedad. En desarrollos modernos como *Amnesia: The Dark Descent* (Frictional Games, 2010), se emplean paisajes

sonoros acusmáticos y efectos binaurales para simular la pérdida progresiva de cordura, donde la desconexión física de la fuente sonora desestabiliza la orientación del usuario. Asimismo, en *Hellblade: Senua's Sacrifice* (Ninja Theory, 2017), el renderizado binaural se utiliza para espacializar voces en 3D en torno al jugador, recreando alucinaciones auditivas que afectan directamente la sensación de presencia y la reactividad emocional.

En el plano experimental, Kockesen (2015) demostró empíricamente que las señales auditivas espacialmente no confiables (inestables) intensifican el miedo en el género del *survival horror* al sembrar incertidumbre sobre la proximidad de los peligros [5]. Recientemente, Liu y Namkot (2025) validaron que el diseño de audio secuencial (activado por eventos de juego) influye significativamente en el arco emocional del usuario, registrándose incrementos en la frecuencia cardíaca correlacionados con eventos de alta tensión interactiva [9]

2.4. Hallazgos Recientes y Brechas de Investigación

Stefanowska y Zieliński (2024) realizaron revisión sistemática concluyendo que características selectas de audio espacial (dirección, distancia, movimiento) influyen sobre respuestas afectivas, pero persisten limitaciones: heterogeneidad metodológica entre estudios, falta de protocolos estandarizados, y desconexión entre hallazgos académicos y decisiones prácticas de diseño [2]. De Almeida et al. (2023)[7] identificaron necesidad urgente de:

- (a) paradigmas experimentales con escenas acústicas ecológicamente válidas.
- (b) métricas integradas subjetivo-fisiológicas.
- (c) guías de implementación aplicadas para producción de juegos.

2.5. Fundamentos del audio espacial

El audio tridimensional (3D) comprende técnicas de espacialización que recrean la localización, distancia, elevación y envoltura de fuentes sonoras en torno al oyente, extendiendo el estéreo hacia una representación inmersiva coherente con la percepción auditiva humana [2, 10]. Las Funciones de Transferencia Relacionadas con la

Cabeza (HRTF) modelan los filtros anatómicos (cabeza, torso y pabellones auriculares) que introducen diferencias interaurales de tiempo y nivel, base del renderizado binaural para auriculares [2].

2.5.1. Propagación, oclusión y reverberación

El realismo perceptual depende también de la auralización del entorno: propagación (reflexión, difracción, absorción), oclusión/obstrucción (atenuación y filtrado espectral por barreras) y reverberación (reflexiones tempranas y cola reverberante) [7, 11]. La literatura sugiere que una reverberación coherente con la geometría del espacio virtual puede impactar la inmersión al nivel de mejoras visuales sustantivas, subrayando la necesidad de un modelado acústico holístico en experiencias interactivas [11].

2.6. Inmersión y presencia

El modelo SCI de Ermi y Mäyrä descompone la inmersión en tres componentes: sensorial (fidelidad audiovisual y envelopment), basada en desafíos (equilibrio reto-habilidad y foco atencional) e imaginativa (compromiso narrativo y empatía), ofreciendo un marco para analizar las contribuciones específicas del audio 3D [3]. La espacialización robusta potencia la inmersión sensorial, mientras que el acceso/privación de información auditiva espacial (p. ej., pasos, respiración, dirección de amenazas) modula la inmersión basada en desafíos propia del survival horror [10].

2.6.1. Presencia y telepresencia

La presencia se define formalmente como el estado psicológico o la experiencia subjetiva de “estar ahí” dentro del entorno virtual o mediado, distinguiéndose de la inmersión técnica en tanto esta última describe las capacidades físicas y tecnológicas del sistema de visualización y audio [1]. Por otro lado, la telepresencia se conceptualiza como la sensación de presencia en un entorno simulado a través de un canal de comunicación o interfaz interactiva.

La evaluación y medición de la presencia se realiza metodológicamente a través de tres aproximaciones principales:

1. **Cuestionarios de autorreporte (medidas subjetivas):** Aplicación de escalas validadas psicométricamente tras la sesión de juego. Entre los instrumentos más utilizados se encuentran el *Witmer & Singer Presence Questionnaire* (PQ), la escala de presencia de Slater-Usch-Steed (SUS) y escalas adaptadas post-juego para registrar la percepción del involucramiento y la orientación espacial (ver Anexo F).
2. **Medidas conductuales:** Registro de respuestas reflejas físicas del usuario ante estímulos virtuales (como sobresaltos corporales, movimientos evasivos de cabeza o retrocesos espontáneos ante una amenaza acústica imprevista; ver Anexo F).
3. **Medidas fisiológicas (correlatos autonómicos):** Análisis dinámico continuo de variables como la frecuencia cardíaca (FC) y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) —obtenidos mediante smartwatch en este estudio— o la actividad electrodérmica (EDA). Se asume que un nivel elevado de presencia psicológica incrementa la reactividad simpática del organismo ante eventos críticos virtuales, al ser procesados como estímulos ecológicamente válidos.

Evidencia reciente en Realidad Virtual y entornos interactivos demuestra que las mejoras en el software de audio espacial incrementan de forma significativa la presencia auto-reportada y los índices fisiológicos asociados al involucramiento afectivo, especialmente en contenidos diseñados con integración sonora cuidadosa y coherencia geométrica [6].

2.7. Respuesta afectiva y medición

La teoría de la respuesta afectiva bidimensional (Russell, 1980; Lang, 1995) distingue el afecto corporal pre-cognitivo de las emociones etiquetadas conscientemente, un aspecto clave en videojuegos de terror donde la reactividad visceral precede al juicio reflexivo [3]. Dentro de este marco, el **arousal** se define formalmente como la dimensión de activación fisiológica o del sistema nervioso autónomo, representando la intensidad de la respuesta emocional en un continuo que va desde el reposo o la calma hasta la máxima alerta o excitación.

Metodológicamente, el arousal se evalúa de manera objetiva mediante mediciones fisiológicas continuas, principalmente a través de la frecuencia cardíaca (FC)

y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) —obtenidas en este estudio con el smartwatch—, complementadas históricamente por la actividad electrodérmica (EDA). Estos parámetros permiten cuantificar de forma directa las respuestas de lucha o huida desencadenadas por estímulos estresantes. Los protocolos contemporáneos combinan estos registros biológicos continuos con auto-reportes de escala Likert (ver Anexo F) para capturar de forma íntegra el arousal inducido por el diseño sonoro y su correspondencia con la inmersión percibida [6]. En contextos de horror interactivo, el audio 3D tiende a elevar de manera consistente tanto la presencia subjetiva como el arousal fisiológico de los usuarios en comparación con las mezclas estéreo tradicionales, especialmente ante la aparición de amenazas dinámicas [4].

2.8. Audio y terror: parámetros de diseño

El diseño sonoro efectivo en horror se apoya en parámetros como intensidad/ contraste dinámico, sincronía audiovisual (synchresis), contenido espectral disonante y posicionamiento 3D para dirigir atención, generar anticipación y disparar respuestas de sobresalto [2]. Grimshaw propone el “valle inquietante auditivo”: sonidos ambiguos o casi-humanos, acousmáticos o distorsionados que activan alerta y extrañamiento, especialmente eficaces cuando su fuente no es visible [8]. En survival horror, la manipulación de la fiabilidad de las señales auditivas (pistas espaciales ocasionalmente engañosas o inconsistentes) incrementa el miedo al introducir incertidumbre sobre presencia, ubicación y proximidad de amenazas [5].

2.8.1. Soundscapes y coherencia diegética

Capas ambientales (drones, texturas de baja frecuencia, ruidos estructurales) construyen atmósfera y estado basal de tensión, mientras que “cues” discretos (pasos, puertas, respiración) comunican información jugable crítica cuando su fiabilidad es estable [2]. La música diegética y no-diegética modula expectativas y guía la interpretación afectiva de eventos, operando en conjunto con la espacialización para sostener tensión y liberar energía emocional en picos controlados [3].

2.9. Síntesis, debates y vacíos

La evidencia converge en que el audio 3D eleva inmersión/presencia y potencia respuestas afectivas, pero persisten debates sobre: i) cuánto realismo adicional se traduce en más presencia según tarea y contexto, y ii) la ganancia marginal de HRTFs individualizadas frente a genéricas cuando hay movimiento de cabeza e integración multisensorial [7, 6]. Existen vacíos en protocolos comparables, métricas integradas subjetivo–fisiológicas y guías aplicadas para producción de juegos, especialmente en terror, lo que motiva estudios controlados que crucen fidelidad espacial con fiabilidad de señales auditivas [7, 4].

3. Metodología

La investigación se desarrolla bajo un enfoque experimental cuantitativo, destinado a examinar de manera rigurosa el impacto del audio tridimensional y la fiabilidad de señales auditivas sobre la inmersión, la presencia y la respuesta emocional del jugador en videojuegos de terror. El diseño metodológico se alinea directamente con el objetivo general, garantizando una lógica y secuencia claras en todas sus etapas.

La metodología de gestión del proyecto se estructuró bajo el marco ágil Scrum, adaptándolo para un único investigador y desarrollador (Solo Scrum). En esta configuración, el estudiante asumió de manera simultánea los roles de *Product Owner* —definiendo las prioridades del backlog de investigación y los requerimientos del prototipo— y de *Developer* —ejecutando el diseño del entorno, la programación de la telemetría y la recolección de datos—. Por su parte, la docente guía desempeñó el rol de *Scrum Master* y comisión de revisión, facilitando las sesiones de retroalimentación semanal que operaron como *Sprint Reviews* y *Retrospectives*. Esto permitió dividir el proceso de desarrollo e investigación en iteraciones cortas (sprints de dos a tres semanas), promoviendo la adaptación continua y la entrega incremental de resultados relevantes para la pregunta de investigación.

Las actividades se gestionaron mediante una carta Gantt (ver Anexo A). Cada sprint tuvo objetivos definidos alineados con los hitos del proyecto: revisión de literatura, diseño experimental, desarrollo y validación del prototipo, implementación de instrumentos de medición, ejecución de pruebas piloto, obtención de datos, análisis y síntesis de resultados. En la **fase inicial**, se realizó una revisión sistemática y se definieron los alcances del prototipo y las métricas experimentales. En **sprints** sucesivos se abordaron la construcción iterativa del prototipo, la integración de módulos de audio espacial y medición fisiológica, y el diseño del protocolo experimental. El *backlog*

se actualizó permanentemente para reflejar prioridades y dificultades emergentes.

La metodología incluyó sesiones de revisión y retrospectiva al finalizar cada *sprint*, donde se evaluó el progreso respecto de la hipótesis y los objetivos planteados, ajustando tareas y recursos según necesidades reales del avance. Esta estructura iterativa y adaptable garantizó la coherencia de los métodos con el objetivo y la pregunta central, aseguró la viabilidad técnica y promovió la autonomía responsable de la investigación.

La evaluación de resultados combina métodos cuantitativos (análisis estadístico de datos fisiológicos y cuestionarios) y cualitativos (observaciones de comportamiento y retroalimentación de participantes). Esta estructura iterativa y adaptable garantiza la coherencia de los métodos con el objetivo y la pregunta central, asegura la viabilidad técnica y promueve la autonomía responsable del investigador.

3.1. Metodología experimental basada en Kockesen

La metodología experimental se basó en el enfoque de Kockesen para manipular la fiabilidad de las *audio cues* en un contexto de *survival horror*, adaptándolo al uso de audio 3D y a las métricas subjetivas y fisiológicas definidas en esta memoria [5, 7].

El experimento utilizó un diseño intra-sujetos en el que cada participante jugó el prototipo en dos condiciones principales de audio (estéreo vs. 3D) y, dentro de cada una, se expuso secuencialmente a fases con señales auditivas fiables y fases con señales progresivamente no fiables, siguiendo el hallazgo de que comenzar con *cues* fiables y luego volverlas ambiguas o engañosas incrementa los niveles de miedo [5]. Las *audio cues* seleccionadas fueron funcionales para el *gameplay* (por ejemplo, sonidos de pasos, respiración del monstruo, puertas y objetos clave) y se manipularon en términos de presencia/ausencia, precisión espacial y consistencia temporal respecto de los eventos reales del juego, siguiendo el tipo de manipulación empleado por Kockesen y por trabajos previos sobre parámetros de miedo en *survival horror* [5, 8].

Cada sesión comenzó con un bloque de entrenamiento breve para familiarizar al participante con los controles y el entorno, sin manipulación de fiabilidad, y luego se registraron dos bloques experimentales por condición de audio: uno con *cues* fiables (los sonidos anunciaban correctamente presencia, dirección y proximidad de la amenaza) y otro con *cues* que se volvían gradualmente no fiables (señales que sonaban sin que la amenaza apareciera, o cuya localización no coincidía con la real), replicando

la lógica de cambio de fiabilidad descrita en los resultados de Kockesen [5]. Después de cada bloque se aplicaron escalas de miedo, inmersión y presencia, similar al uso de cuestionarios de miedo y disfrute que la autora empleó como medida principal. Desde la perspectiva del diseño de juegos, se determinó eliminar el uso de la Actividad Electrodermica (EDA), ya que colocar electrodos en las manos del jugador interfiere directamente con el uso natural de los controles (teclado y ratón), rompiendo la fluidez de la jugabilidad y la “inmersión basada en desafíos”. En su lugar, la desregulación autonómica y el miedo se midieron exclusivamente a través de un reloj inteligente (smartwatch), capturando de forma continua la frecuencia cardíaca (FC) y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) para registrar los cambios de *arousal* durante los encuentros críticos y las fases de incertidumbre acústica [5, 6].

En línea con la recomendación metodológica de Kockesen, se controlará cuidadosamente la dificultad del nivel y la duración de la sesión, ya que su estudio encontró relaciones entre dificultad percibida, miedo e índice de disfrute, y se utilizaron escalas de autorreporte validadas en lugar de basarse únicamente en medidas fisiológicas, que pueden ser ambiguas por sí solas [5]. Además, para compensar la falta de la EDA, el corazón de la evaluación cuantitativa fue un robusto sistema de *logging* (telemetría) programado en el motor Unity. Este sistema registró con precisión milimétrica las marcas de tiempo en las que se detonaron las *audio cues* fiables e inestables, permitiendo asociar de forma exacta las variaciones en la FC y VFC con momentos específicos del diseño sonoro y eventos del juego (aparición del monstruo, muertes del jugador), siguiendo la integración de *event logging* y respuesta del participante en juegos de terror [8]. Esta metodología busca así extender el diseño de Kockesen al dominio del audio 3D, manteniendo la lógica experimental de fiabilidad de *cues* y medidas de miedo, pero añadiendo la comparación estéreo/3D y el uso de métricas fisiológicas continuas para responder a los objetivos de la presente investigación

3.1.1. Participantes

Se trabajó con una muestra definitiva de 24 participantes adultos, número suficiente para obtener datos cuantitativos básicos y observar patrones en las medidas subjetivas y fisiológicas sin exceder las restricciones de tiempo y recursos del estudio. Los participantes fueron mayores de 18 años (comprendidos en un rango de entre 18 y 25 años, con experiencia previa moderada en videojuegos y familiaridad mínima

con juegos de terror o de acción en primera persona, sin requerir un nivel experto.

La selección se realizó mediante un muestreo por conveniencia, a través de un anuncio distribuido en canales internos de la universidad en el que se invitó a estudiantes a participar en una sesión de prueba de un prototipo de videojuego de *survival horror*. Como criterios de exclusión se consideraron: historial conocido de epilepsia fotosensible, problemas cardíacos graves, trastornos de ansiedad diagnosticados que pudieran agravarse con contenidos de terror y malestar significativo frente a temas violentos o perturbadores, de acuerdo con la auto-declaración del propio participante en el formulario de consentimiento. Antes de comenzar, se solicitó consentimiento informado y se explicó la posibilidad de abandonar el estudio en cualquier momento sin consecuencias (ver Anexo C).

3.1.2. Materiales

Para el experimento se utilizó los siguientes materiales:

- Un computador de escritorio o portátil con capacidad suficiente para ejecutar el prototipo a un *frame rate* estable, junto con audífonos cerrados de buena calidad para asegurar el efecto de espacialización.
- Un reloj inteligente (smartwatch) o dispositivo equivalente capaz de registrar de forma continua frecuencia cardíaca (FC) y variabilidad de frecuencia cardíaca (VFC).
- Cuestionarios en formato digital o papel: formulario de consentimiento informado (ver Anexo C), cuestionario de datos demográficos básicos (edad, género, experiencia en videojuegos y juegos de terror), *Immersive Tendencies Questionnaire* (ITQ) para caracterizar tendencias inmersivas previas (ver Anexo B), y escalas de miedo, inmersión y presencia administradas después de la sesión experimental (ver Anexo F).
- Software de grabación de pantalla para capturar el gameplay de la sesión y analizar eventos de interés de manera diferida.

3.1.3. Procedimiento

El protocolo experimental se desarrolló de forma individual para cada participante en un entorno físico controlado, específicamente en salas de trabajo de la

universidad que contaran con una aislacion sonora respecto al exterior. La sesión experimental se estructuró cronológicamente en las siguientes etapas secuenciales:

1. **Fase de Bienvenida e Instrucciones:** Se recibió al participante, se le explicó de forma verbal el propósito general del estudio (evaluación de la experiencia de juego) y se detallaron las directrices generales del experimento, sin revelar las variables independientes relacionadas con las condiciones de audio.
2. **Consentimiento Informado:** El participante leyó y firmó de forma digital el formulario de consentimiento informado, garantizándose la confidencialidad, el anonimato de sus datos y su derecho a abandonar la sesión en cualquier momento (ver Anexo C).
3. **Cuestionarios Pre-Gameplay:** Se administró un cuestionario digital de datos demográficos y hábitos de juego, seguido por el *Immersive Tendencies Questionnaire* (ITQ) para caracterizar la predisposición inmersiva individual previa a la sesión (ver Anexo B).
4. **Preparación y Calibración Fisiológica:** Se procedió a colocar el reloj inteligente (smartwatch) en la muñeca no dominante del participante, verificando la estabilidad del sensor de fotopletismografía. El sujeto permaneció sentado en reposo durante 1 minuto aproximadamente para registrar la línea base de la frecuencia cardíaca.
5. **Sesión Experimental (Gameplay):** Se inició la partida del prototipo (con una duración de entre 10 y 15 minutos). Durante la interacción, se activaron de forma encubierta y sistemática las condiciones experimentales de audio (estéreo frente a 3D) y la fiabilidad de las señales sonoras.
6. **Cuestionarios Post-Gameplay y Cierre:** Tras finalizar el recorrido del juego, se retiraron los dispositivos de medición y se solicitó al participante completar de forma digital el cuestionario de miedo e inmersión post-juego (ver Anexo F) para capturar su valoración retrospectiva.

No se introdujeron pausas intermedias planificadas durante el gameplay, con el objetivo de preservar la continuidad de la inmersión y la respuesta emocional orgánica.

3.1.4. Metodología del Desarrollo del prototipo

El prototipo, titulado *Evidencia 0*, se diseñó como una sección vertical (*vertical slice*) de un videojuego de exploración en primera persona enmarcado en el género del *survival horror* y la estética de terror analógico. La experiencia sitúa al jugador en el rol de un perito forense que examina un departamento clausurado tras un incidente. El *gameplay* se centra en la exploración del espacio virtual utilizando una videocámara analógica VHS ficticia como visor e interfaz del HUD (ver Págs. 3 y 10 del Anexo G). Durante el recorrido, el usuario debe localizar e interactuar con tres objetos ancla (VHS) para registrar y documentar fragmentos de audio residual del denominados “Ecos” (ver Págs. 5 y 9 del Anexo G). La progresión del juego se estructura en tres loops, simulando la degradación física y el rebobinado de una cinta magnética (ver Págs. 3 y 4 del Anexo G). El juego prescinde de combate, acertijos o enemigos físicos visibles; la tensión psicológica emerge puramente a través del paisaje sonoro ambiental y de la inestabilidad de las señales acústicas que actúan como antagonista invisible (ver Pág. 3 del Anexo G).

El desarrollo se realizó en el motor de videojuegos Unity, aprovechando sus herramientas de perfilado y compatibilidad con plugins de audio 3D. A nivel de arte tridimensional, el escenario del departamento se construyó utilizando una combinación híbrida de modelos: se integraron assets de mobiliario y utilería cotidiana listos importados desde la plataforma Sketchfab, y se modelaron de manera personalizada mediante el software Blender los elementos estructurales y de diseño específicos, asegurando una coherencia espacial y física óptima para el cálculo de oclusión y propagación acústica.

Para el audio, se empleó el sistema nativo de Unity, lo que permitió conmutar dinámicamente entre la mezcla estéreo plana, renderizado 3D binaural coherente e inestabilidad acústica. Se configuraron capas de paisaje sonoro ambiental constante y eventos discretos correspondientes a los tres Ecos: la cadena arrastrándose, una respiración agitada y una botella de vidrio al estallar. El prototipo incluyó un subsistema de telemetría de eventos programado en Python que registró con precisión de milisegundos las marcas de tiempo de las detonaciones acústicas en sincronía con los datos cardíacos continuos del smartwatch. Esta estructura ágil y acotada garantizó que el prototipo fuera viable de producir de forma autónoma dentro de las restricciones del proyecto, manteniendo un alto rigor experimental (ver Anexo D, Anexo

G y Anexo E (contiene video demostrativo).

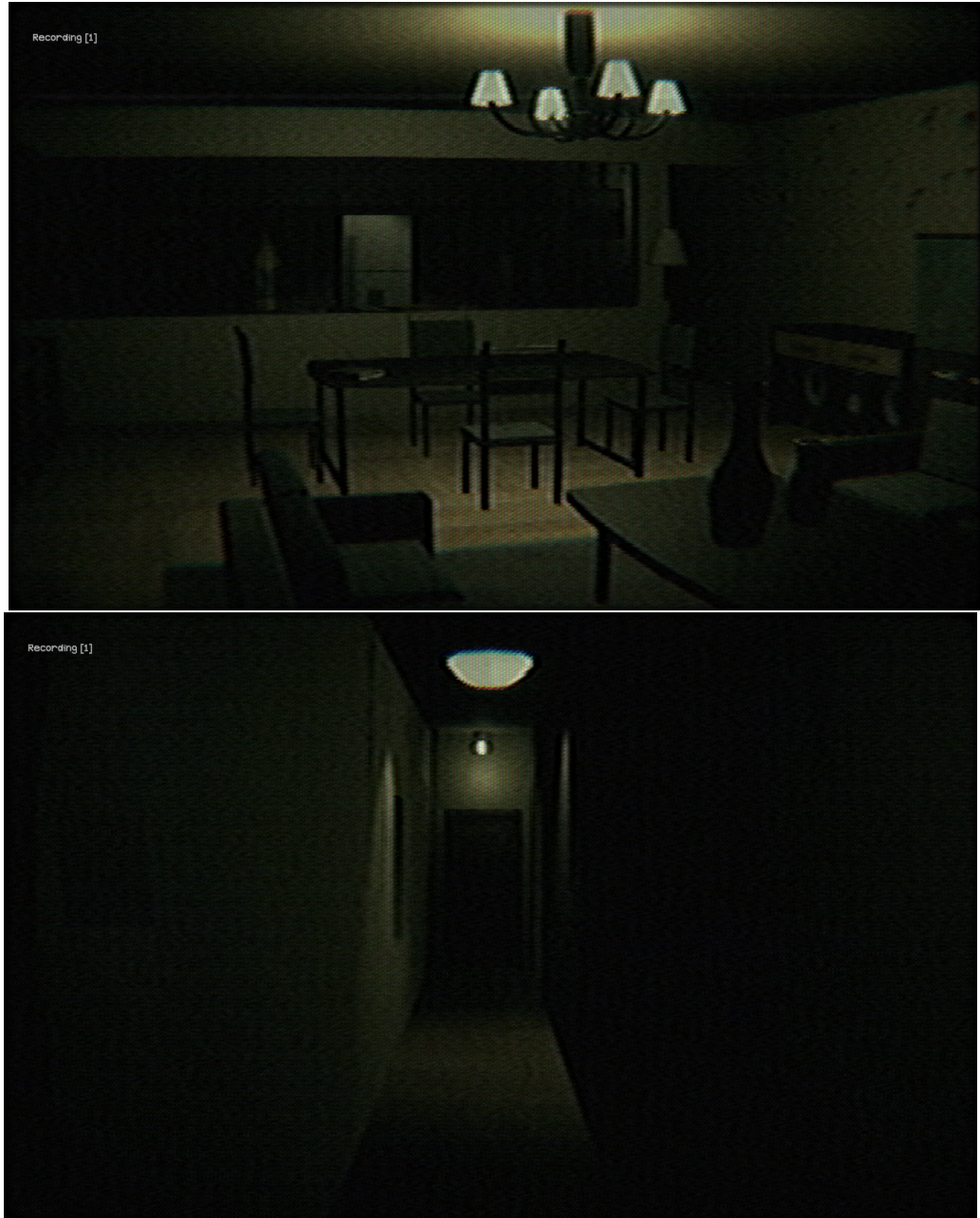


Figura 3.1: Capturas de pantalla del prototipo.

3.2. Plan de Análisis Estadístico

Para evaluar de manera rigurosa el impacto psicofisiológico de las condiciones de audio, se diseñó un plan de análisis cuantitativo estructurado en tres fases:

1. **Segmentación Proporcional de Datos:** Debido a que cada participante avanza a un ritmo de juego distinto, los límites temporales de cada condición se definieron de forma proporcional respecto al tiempo activo total de juego de cada participante (restando un primer minuto de margen inicial basal para evitar sesgos de acomodación física). De esta manera, el tiempo útil de juego se dividió de manera equivalente en tres fases correspondientes a los tres loops experimentales del juego. El tiempo activo de juego se calculó aislando el último segmento continuo de datos a partir del registro del contador de segundos de la partida, mitigando posibles discontinuidades temporales o resets del sensor del dispositivo de medición (smartwatch).
2. **Modelamiento Lineal Mixto (LMM):** Para modelar la frecuencia cardíaca (FC) como variable dependiente continua a partir de las condiciones de audio (Estéreo, Audio 3D, Audio Inestable), se empleó un modelo lineal mixto (LMM)[12]. La condición Estéreo se fijó como nivel de referencia. El modelo incluyó interceptos aleatorios por participante para controlar la correlación intra-sujeto producto de las mediciones repetidas segundo a segundo, permitiendo que cada individuo tuviera su propia frecuencia cardíaca basal.
3. **Triangulación de Cuestionarios:** Con el fin de evaluar si las respuestas subjetivas declaradas por los jugadores correlacionan con la activación cardíaca física de manera directa, se realizaron pruebas de correlación no paramétrica de Spearman. Se analizaron las correlaciones entre el puntaje promedio de inmersión inicial (ITQ), los índices subjetivos de miedo e inmersión sonora post-juego, y el promedio de frecuencia cardíaca o los deltas de variación (diferencias de BPM) entre condiciones experimentales.

4. Experimentos y Resultados

4.1. Características de la Muestra

El estudio experimental contó con la participación de 24 sujetos adultos sanos (entre 18 y 25 años). Tras el preprocesamiento de la información y la exclusión de registros ruidosos, se descartó una sesión debido a que el smartwatch registró datos discontinuos de frecuencia cardíaca, lo que impidió la segmentación proporcional de las fases de juego. De este modo, se obtuvo una muestra final de $n = 23$ participantes válidos para la modelación estadística. Para este grupo de participantes, se dispuso además de los cuestionarios de tendencias inmersivas (ITQ) completos (ver Anexo B) y de las escalas subjetivas post-juego (ver Anexo F) utilizadas para la triangulación subjetivo-fisiológica.

4.2. Modelo Fisiológico Principal (LMM)

El modelo de efectos mixtos ajustado para evaluar la frecuencia cardíaca de los 23 jugadores a lo largo de las 13.605 observaciones totales se define como:

$$BPM \sim Condición + (1 \mid Participante) \quad (4.1)$$

donde la condición *Estéreo* actúa como nivel basal de referencia. Los coeficientes estimados del modelo se presentan en la Tabla 4.1.

Para facilitar la comprensión del análisis, se definen brevemente los términos estadísticos empleados:

- **Coefficiente:** Representa la cantidad estimada en que sube o baja la frecuencia cardíaca (en latidos por minuto, BPM) en una condición específica en comparación con la condición base (*Estéreo*).

- **Valor z (z -score):** Mide qué tan alejado está el resultado del promedio esperado por puro azar. A mayor valor absoluto de z , más confiable es el resultado.
- **p-valor (p):** La probabilidad de que los resultados observados sean obra de la casualidad. Un valor menor a 0,05 indica que la probabilidad de que sea casualidad es menor al 5 %, por lo que se considera un resultado real (estadísticamente significativo).
- **Intervalo de Confianza (I.C. 95 %):** El rango de valores dentro del cual se tiene un 95 % de seguridad de que se encuentra el verdadero efecto del audio en los latidos.

Parámetro	Coefficiente	Err. Std.	z	p-valor	I.C. 95 %
Intercepto (Estéreo)	80,02 BPM	1,71	46,85	¡0,001	[76,67; 83,37]
Audio 3D vs. Estéreo	+3,07 BPM	0,12	25,26	¡0,001	[2,83; 3,31]
Audio Inestable vs. Estéreo	+3,15 BPM	0,13	25,24	¡0,001	[2,90; 3,39]

Tabla 4.1: Resultados del Modelo Lineal Mixto para Frecuencia Cardíaca (BPM).

Los coeficientes estimados revelan un incremento altamente significativo de la frecuencia cardíaca media bajo las condiciones experimentales de posicionamiento tridimensional en comparación con el estéreo convencional. Específicamente, la condición de Audio 3D incrementó el ritmo cardíaco en +3,07 BPM, mientras que la condición de Audio Inestable provocó un incremento de +3,15 BPM (ambos con $p < 0,001$). Estos resultados constatan de manera empírica que la espacialización sonora y su manipulación son factores críticos en la modulación autonómica cardiovascular. El aumento de los latidos por minuto refleja de forma directa una activación del sistema nervioso simpático asociada al arousal y a la preparación fisiológica para la acción (miedo, alerta), evidenciando que el audio 3D actúa como un disparador directo de respuestas somáticas del organismo, y no meramente como un añadido estético superficial.

Por otra parte, el análisis del modelo mixto determinó que el efecto de la puntuación inicial de tendencias inmersivas (ITQ) sobre la frecuencia cardíaca no resultó estadísticamente significativo (Coef = -3,14; $p = 0,227$). Al mismo tiempo, los efectos de las condiciones de audio se mantuvieron invariables al incluir esta covariable psicológica. Este hallazgo demuestra que el impacto fisiológico del sonido espacial

opera de manera autónoma e independiente de la predisposición cognitiva o propensión psicológica a la inmersión declarada de forma previa por el usuario, evidenciando un procesamiento neurovegetativo basal y reflejo ante el estímulo acústico tridimensional (ver Anexo B).

4.3. Comparaciones por Pares

Para evaluar la diferencia de medias entre las condiciones del experimento se realizaron pruebas de hipótesis por pares, aplicando la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples ($\alpha_{\text{corregido}} = 0,05/3 = 0,0167$). Los resultados se resumen en la Tabla 4.2.

Para interpretar estos resultados, se definen dos nuevos términos:

- **t-test y Wilcoxon (p-valor):** Son pruebas de hipótesis paramétricas (t-test) y no paramétricas (Wilcoxon) usadas para comparar dos grupos. Nos dicen si la diferencia promedio observada es significativa [13] [14].
- **d de Cohen (Tamaño de efecto):** Mide la fuerza o magnitud de la diferencia observada. Un valor de 0,2 se considera un efecto pequeño, 0,5 un efecto mediano y 0,8 o más un efecto grande [15].

Comparación	n	Diferencia Media	t-test (p-valor)	d de Cohen	Wilcoxon (p-valor)
Estéreo vs. Audio 3D	23	+2,73 BPM	0,0227	0,54 (Medio)	0,0359
Estéreo vs. Audio Inestable	23	+3,68 BPM	0,0012	0,80 (Grande)	0,0017
Audio 3D vs. Audio Inestable	23	+1,02 BPM	0,3597	0,20 (Pequeño)	0,3535

Tabla 4.2: Comparaciones por Pares de Medidas Fisiológicas.

Los resultados demuestran que el incremento de la actividad cardiovascular es especialmente agudo ante la manipulación táctica de la fiabilidad sonora. Al realizar las comparaciones pareadas, la diferencia entre la línea base Estéreo y la condición de Audio Inestable (+3,68 BPM de promedio) resultó estadísticamente significativa y presentó una magnitud de efecto grande ($d = 0,80$, según la clasificación de Cohen), superando de forma holgada la corrección restrictiva de Bonferroni.

Este fenómeno es de alta relevancia para el diseño sonoro y la psicología del terror: evidencia operativamente que la inestabilidad de las señales acústicas (el hecho de que la ubicación del sonido no corresponda con la visual, o que se simule una

amenaza inexistente) genera una discrepancia perceptual y una carga cognitiva que maximizan la respuesta simpática del organismo. El jugador, al no poder confiar en su canal auditivo para anticipar amenazas, entra en un estado de alerta y desregulación autonómica sostenida.

Por otro lado, la comparación entre Estéreo y Audio 3D reveló una elevación de +2,73 BPM y un tamaño de efecto intermedio ($d = 0,54$). Aunque este incremento no alcanzó la significancia estadística estricta bajo el ajuste de comparaciones múltiples de Bonferroni, representa una tendencia biológica clara que valida el audio espacial como una herramienta eficaz para inducir inmersión sensorial activa.

Por último, la comparación directa entre el Audio 3D y el Audio Inestable no arrojó diferencias estadísticamente significativas (+1,02 BPM, $p > 0,05$). Esto sugiere que ambos estados de espacialización comparten el cimiento común de la alta fidelidad binaural, pero es la fluctuación dinámica y la ruptura de la fiabilidad sonora la que moviliza el pulso a sus valores máximos de arousal de miedo.

La trayectoria individual y la distribución de los promedios de BPM por condición de audio se presentan visualmente en la Figura 4.1.

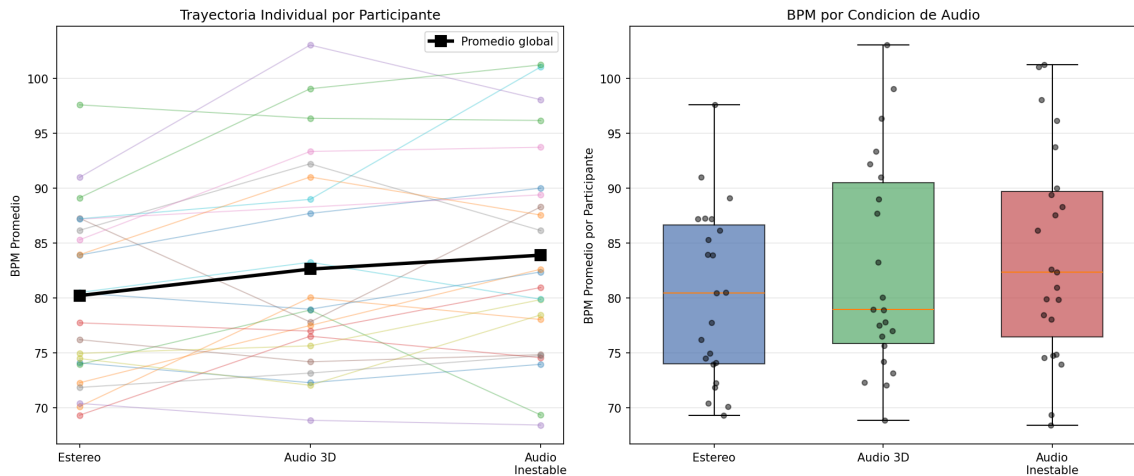


Figura 4.1: Resultados de frecuencia cardíaca por condición de audio: trayectoria individual por participante (izquierda) y diagramas de caja del BPM promedio (derecha).

4.4. Discusión y Triangulación con Cuestionarios

El análisis cuantitativo mediante correlación de Spearman no arrojó relaciones lineales significativas entre la respuesta autonómica (FC) y las escalas de cuestionarios de auto-reporte ($p > 0,05$).

Para contrastar este análisis con estudios previos, se destacan las siguientes discusiones teóricas:

- **Disociación Fisiológica-Subjetiva:** La ausencia de correlación entre el miedo subjetivo y la frecuencia cardíaca media se alinea directamente con los hallazgos de Kockesen [5]. Esto demuestra que la respuesta autonómica fisiológica (arousal simpático) mide una reacción visceral e inmediata de alerta en el organismo, mientras que los cuestionarios post-juego involucran una evaluación cognitiva y de memoria diferida, ocurriendo una disociación del pulso frente al plano reflexivo consciente.
- **Justificación del Margen de Aclimatación:** Liu y Namkot [9] identificaron picos atípicos de ritmo cardíaco durante el primer minuto de juego debidos a la ansiedad anticipatoria y la novedad de los primeros estímulos ambientales. Estos resultados respaldan la decisión de excluir el primer minuto (margen inicial de 60 segundos) de los análisis cuantitativos, ya que el pulso inicial de aclimatación habría contaminado la línea base experimental de Estéreo.
- **Papel de la Experiencia en el Género del videojuego:** Aunque las tendencias inmersivas generales (ITQ) no explicaron de forma significativa la FC, la literatura contemporánea sugiere que el historial o experiencia previa del jugador en videojuegos de terror ejerce una influencia donde los jugadores expertos demuestran una respuesta fisiológica más atenuada.

5. Conclusiones

5.1. Respuesta a la Pregunta de Investigación

La presente investigación demuestra que el uso de audio tridimensional y la manipulación de su fiabilidad ejercen una influencia directa e indirecta diferenciada sobre la experiencia inmersiva y emocional del jugador en videojuegos de terror:

- **Influencia directa y significativa:** El posicionamiento espacial del sonido en 3D mediante HRTF y la direccionalidad precisa de los eventos auditivos influyen de manera directa y refleja en el sistema nervioso autónomo del jugador. La estimulación sensorial inmediata (como el movimiento de una respiración o el arrastre de una cadena metálica en profundidad) activa de forma involuntaria respuestas de alerta y arousal físico. Esto se constata de manera objetiva en el incremento promedio de la frecuencia cardíaca de los participantes durante los loops con espacialización, operando como un mecanismo de sobresalto biológico pre-cognitivo.
- **Influencia indirecta y moduladora:** La manipulación de la fiabilidad sonora (señales inestables o espacialmente imposibles) ejerce una influencia indirecta al incidir sobre la interpretación cognitiva de la escena virtual. Al romper deliberadamente las leyes físicas de propagación acústica en el entorno (ej. sonidos orbitales anómalos o cascada de fragmentos del suelo al techo), se induce un estado de disonancia cognitiva y desorientación espacial. Esta discrepancia perceptual impide al jugador anticipar visualmente las amenazas, lo que genera indirectamente un estado de indefensión y estrés psicológico sostenido, manifestado en un incremento cardiovascular aún más pronunciado (+3,68 BPM con

un tamaño de efecto grande, $d = 0,80$) y en una modulación de la presencia psicológica y de la inmersión imaginativa.

De este modo, el realismo tridimensional preciso (Audio 3D) funciona como el cimienta perceptivo y de inmersión sensorial del espacio de juego, mientras que la ruptura táctica de la fiabilidad de las señales constituye la herramienta de diseño principal para modular la tensión y sostener el arousal emocional del usuario.

5.2. Conclusiones de la Investigación

A partir del desarrollo del proyecto y del análisis estadístico de los resultados, es posible formular conclusiones de alta relevancia científica y operativa que dan respuesta a las interrogantes de la investigación. En primer lugar, el exitoso desarrollo y despliegue del prototipo experimental controlado en Unity (ver Anexo D) demuestra la viabilidad técnica de utilizar software interactivo personalizado para el registro sincrónico de eventos y datos fisiológicos de frecuencia cardíaca.

En segundo lugar, el incremento significativo de +3,07 BPM registrado en la condición de Audio 3D en comparación con la mezcla estéreo plana valida empíricamente que la espacialidad sonora es un factor crítico en el desencadenamiento de respuestas cardiovasculares asociadas al miedo en videojuegos de terror. Esto significa que la simple recreación tridimensional precisa por HRTF activa de forma automática una elevación del arousal del organismo a nivel reflejo, preparando fisiológicamente al jugador ante la amenaza virtual de manera independiente a su predisposición psicológica consciente.

En tercer lugar, el incremento medio de +3,68 BPM con un tamaño de efecto grande ($d = 0,80$) registrado ante las señales de Audio Inestable demuestra que la inconsistencia y anomalía espacial de los estímulos sonoros constituye el mecanismo psicofisiológico más potente para inducir tensión corporal y ansiedad en el jugador. Al verse privado de una correspondencia geométrica y física coherente respecto a las fuentes de sonido (ej. sonidos orbitales en torno a la cabeza o ecos gravitacionales inversos), el sistema auditivo y cognitivo del jugador experimenta una disonancia perceptual que maximiza el estrés corporal sostenido y la sensación de indefensión.

En conjunto, estos hallazgos demuestran que el audio tridimensional no es meramente un elemento decorativo de ambientación, sino una herramienta de primer

orden para modular el estado autonómico e inmersivo del usuario en el terror interactivo.

5.3. Escalabilidad, Limitaciones y Trabajo Futuro

La metodología propuesta y el prototipo experimental sientan una base sólida que puede ser escalada en futuros trabajos académicos:

- **Ampliación de la Muestra (n):** Si bien el tamaño de la muestra definitiva ($n = 23$) fue suficiente para detectar efectos medianos y grandes con alta potencia estadística a través de los modelos lineales mixtos (LMM), un mayor número de participantes permitiría estrechar los intervalos de confianza e identificar efectos más sutiles en el comportamiento dinámico del ritmo cardíaco.
- **Reducción del Error de Medida:** Los smartwatches utilizados para registrar el pulso presentan un margen de error intrínseco debido al ruido de movimiento de la muñeca sobre los controles. Futuras implementaciones podrían beneficiarse de sensores con mayor tasa de muestreo y filtros avanzados de reducción de ruido dinámico (e.g., bandas de pecho de grado médico o electrocardiografía de 3 derivaciones), disminuyendo la varianza residual.
- **Orden Contrabalanceado:** La limitación más notoria fue la secuencia de orden fijo en los loops. Futuros experimentos deberán contrabalancear de manera aleatoria el orden de presentación de las condiciones de audio para aislar el factor sonoro de la fatiga o acumulación de tensión narrativa de la partida.

5.4. Lineamientos de Diseño para Horror Interactivo

Como producto de la tesis, se proponen tres directrices de diseño sonoro:

1. **Priorizar la Incertidumbre sobre el Realismo:** La espacialización 3D (HRTF) es útil para ubicar físicamente al jugador, pero el verdadero terror reside en no poder confirmar visualmente el origen del sonido.
2. **Implementar Inestabilidad Táctica:** Diseñar cues sonoros asociados a las amenazas del juego que aparezcan en posiciones sutilmente incorrectas o que

reproduzcan ecos físicamente imposibles. Esto rompe la predictibilidad del jugador y estimula la tensión corporal.

3. **Orquestar Curvas de Estrés Fisiológico:** En lugar de recurrir a jump scares ruidosos de manera constante, es más efectivo alternar entre fases de audio 3D fiel y fases de audio inestable para modular de manera orgánica la frecuencia cardíaca del jugador.

Glosario

Ambisonics: Técnica de grabación y representación del campo sonoro completo en una esfera, que puede ser decodificada para diferentes configuraciones de altavoces o auriculares.

Arousal: Estado de activación fisiológica y del sistema nervioso que refleja el nivel de alerta o intensidad de una respuesta emocional, medido en este experimento a través de la frecuencia cardíaca.

Binauralización: Proceso de sintetizar dos señales de audio para crear la ilusión de espacialidad 3D cuando se escuchan por audífonos.

Frecuencia Cardíaca (FC): Parámetro fisiológico que mide el número de latidos del corazón por minuto, usado para evaluar el estado de activación emocional.

Head-Related Transfer Function (HRTF): Funciones que modelan cómo la cabeza, torso y orejas afectan la llegada del sonido a los tímpanos, generando cues acústicos que el cerebro usa para localizar fuentes sonoras.

Inmersión Sensorial: Dimensión de inmersión caracterizada por el grado de absorción sensorial y pérdida de conciencia del entorno físico real que tiene el jugador.

Middleware de Audio: Software intermedio que facilita la implementación y gestión avanzada de audio en videojuegos, incluyendo espacialización y efectos en tiempo real.

Obstrucción: Fenómeno acústico donde un objeto bloquea totalmente el sonido directo hacia el oyente.

Oclusión: Fenómeno acústico donde un objeto bloquea parcialmente el sonido directo hacia el oyente, causando atenuación y filtrado espectral.

Propagación Sonora: Comportamiento físico del sonido al viajar por un espacio, incluyendo reflexiones, difracciones y absorciones.

Reverberación: Reflexiones tardías del sonido que generan un efecto de prolongación del audio en un espacio cerrado.

Sincronía Audiovisual (Synchresis): Unión perceptual entre el sonido y la imagen cuando sucede de manera temporalmente sincronizada, aumentando la sensación de realismo.

Soundscape (Paisaje Sonoro): Conjunto de sonidos ambientales, efectos y música que crean la atmósfera de un entorno virtual.

Valle Inquietante Acústico (Audio Uncanny Valley): Fenómeno donde sonidos ambiguos o distorsionados generan sensaciones de extrañeza y miedo, similares al valle inquietante visual.

Variabilidad de Frecuencia Cardíaca (VFC): Medida de las variaciones en los intervalos de tiempo entre latidos cardíacos consecutivos, indicativa de la regulación autonómica del sistema nervioso.

Bibliografía

- [1] Rolf Nordahl and Niels Christian Nilsson. The sound of being there: Presence and interactive audio in immersive virtual reality. In Karen Collins, Bill Kapralos, and Holly Tessler, editors, *The Oxford Handbook of Interactive Audio*, pages 213–236. Oxford University Press, Oxford, 2014.
- [2] Antonina Stefanowska and Sławomir Zieliński. Spatial sound and emotions: A literature survey on the relationship between spatially rendered audio and listeners’ affective responses. *International Journal of Electronics and Telecommunications*, 70(2):293–300, 2024.
- [3] Laura Ermi and Frans Mäyrä. Fundamental components of the gameplay experience: Analysing immersion. In *Proceedings of DiGRA 2005: Changing Views: Worlds in Play*, 2005.
- [4] Design Department of Architecture and Media Technology. Stereo vs 3d audio in a vr horror game: Immersion, presence, eda and hrv. Technical report, Aalborg University, Aalborg, Denmark, 2015.
- [5] Gizem Kockesen. Effects of switching audio cues in survival horror games on level of fear. Master’s thesis, Leiden University, Leiden, The Netherlands, 2015.
- [6] Ioanna Mavridou, Ellen Seiss, Giulia Ugazio, et al. Software-based spatial audio enhancements increase self-reported and physiological indices on auditory presence and affect in vr. *Frontiers in Virtual Reality*, 6, 2025.
- [7] Gabriel Corrêa De Almeida et al. Spatial audio in virtual reality: A systematic review. In *Proceedings of the 25th Symposium on Virtual and Augmented Reality*

(SVR 2023), pages 264–268, Rio Grande/RS, Brazil, 2023. Sociedade Brasileira de Computação.

- [8] Mark Grimshaw. The audio uncanny valley: Sound, fear and the horror game. In *Audio Mostly Conference*. University of Bolton, 2009.
- [9] Tanaded Namkot and Kelvin Liu. Game and audio design: Exploring player emotional arc in response to sound-driven game progression in a horror game. Bachelor’s thesis, Department of Computer Science and Media Technology, 2025. DiVA portal, id: diva2:1976235.
- [10] Franz Zotter et al. Evaluation of spatial auditory experience in vr applications. *International Journal of Virtual Reality*, 2018.
- [11] Tommaso Pasti, Zoran Cvetković, and Emanuel De Sena. On the relative importance of visual and spatial audio rendering on vr immersion. *Frontiers in Signal Processing*, 2, 2022.
- [12] Jose C. Pinheiro and Douglas M. Bates. *Mixed-Effects Models in S and S-PLUS*. Springer, New York, 2000.
- [13] Student. The probable error of a mean. *Biometrika*, 6(1):1–25, 1908.
- [14] Frank Wilcoxon. Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin*, 1(6):80–83, 1945.
- [15] Jacob Cohen. Statistical power analysis for the behavioral sciences. *Computers, Environment and Urban Systems*, 14(1):71, 1990.

A. Carta Gantt

La planificación detallada del proyecto se encuentra disponible en la siguiente hoja de cálculo en línea:

- Carta Gantt de la memoria: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1C1g7Y8kTGXaQeCq0phrVAf8pwHCEzK5sSvS3-ccm2C4/edit?usp=sharing>

B. Cuestionario de Tendencias Inmersivas (ITQ)

El presente anexo documenta el uso del *Immersive Tendencies Questionnaire* (ITQ) como instrumento para caracterizar las tendencias inmersivas de los participantes antes de la sesión experimental. El ITQ es un cuestionario estandarizado que evalúa la propensión de una persona a involucrarse cognitivamente y emocionalmente en experiencias mediadas, y ha sido utilizado en estudios de realidad virtual y presencia. El instrumento se empleará en su versión traducida/adaptada para este estudio, manteniendo la estructura y escalas de respuesta del cuestionario original.

- Cuestionario ITQ original: https://plos.figshare.com/articles/journal_contribution/Immersive_Tendencies_Questionnaire_ITQ_/14292584?file=27185690

C. Formulario de Consentimiento Informado

El presente anexo contiene el documento digital del formulario de consentimiento informado presentado a cada participante antes de comenzar la sesión experimental. El consentimiento garantiza la confidencialidad, el anonimato de los datos recolectados y la voluntariedad de la participación.

A continuación, se adjuntan las páginas del formulario de consentimiento utilizadas:

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Proyecto de Investigación: El Impacto del Audio Tridimensional en la Experiencia Inmersiva y Emocional del Jugador en Videojuegos de Terror

Investigador Principal: Patricio Arturo Jiménez Alarcón

Institución: Escuela de Ingeniería en Desarrollo de Videojuegos y Realidad Virtual, Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca

Profesor Guía: Liza Jago Mendoza

Estimado/a Sr/Sra:

El propósito de este documento es brindarle la información necesaria para que pueda decidir, de manera libre y voluntaria, si desea participar en la investigación que ya le fue explicada y que se detalla a continuación. Recuerde que **DEBE FIRMAR 2 COPIAS**, una es para usted y la otra para el equipo investigador.

1. INTRODUCCIÓN Y PROPÓSITO DEL ESTUDIO

Usted ha sido invitado/a a participar de manera voluntaria en una sesión de pruebas de usuario para un proyecto de memoria de título de la Universidad de Talca. El objetivo principal de esta investigación es evaluar y analizar cómo influyen las distintas configuraciones y variaciones del audio tridimensional (espacializado) en el nivel de inmersión y en las respuestas emocionales y de comportamiento del jugador dentro de un videojuego prototipo del género de terror analógico (survival horror).

2. PROCEDIMIENTOS

Si acepta participar, su colaboración consistirá en lo siguiente:

- Jugar a un prototipo interactivo (vertical slice) en primera persona desarrollado en el motor Unity, con una duración aproximada de entre 15 y 20 minutos.
- Durante la sesión de juego, se utilizarán auriculares para reproducir estímulos auditivos bajo diferentes condiciones experimentales.
- Se monitoreará la Frecuencia Cardíaca a través de un Reloj Smartwatch para motivos plenamente investigativos.
- Completar un cuestionario inicial breve para caracterizar sus antecedentes de juego y sus tendencias inmersivas naturales (Immersive Tendencies Questionnaire - ITQ).
- Completar un cuestionario breve post-sesión para reportar sus niveles percibidos de miedo, inmersión y dificultad.

Figura C.1: Formulario de Consentimiento Informado - Página 1.



3. RIESGOS, MOLESTIAS Y CONSIDERACIONES ESPECIALES

Dado que el software utilizado corresponde a un videojuego de terror y suspenso, la experiencia está explícitamente diseñada para generar tensión acústica, sobresaltos y un ambiente opresivo mediante técnicas de terror psicológico y analógico. Los riesgos potenciales son mínimos pero pueden incluir:

- Respuestas físicas transitorias derivadas del miedo o el susto (aumento leve del ritmo cardíaco, sudoración o tensión muscular).
- Fatiga visual o leve desorientación espacial producto de la perspectiva en primera persona en entornos virtuales.

Criterios de exclusión importantes: No se recomienda la participación de personas con antecedentes de afecciones cardíacas graves, discapacidad auditiva, epilepsia fotosensible o hipersensibilidad al estrés acústico y psicológico severo.

4. BENEFICIOS DE LA PARTICIPACIÓN

Usted no recibirá un pago directo ni compensaciones económicas por participar en este estudio. Sin embargo, su colaboración contribuirá significativamente al avance del conocimiento académico en el diseño de sonido y audio espacial, permitiendo optimizar el uso de tecnologías inmersivas.

5. CONFIDENCIALIDAD Y USO DE LOS DATOS

Toda la información recopilada en este estudio, incluidos los resultados de las encuestas, las métricas de comportamiento en el juego y cualquier otra observación registrada, será estrictamente anónima y confidencial. Los datos analizados se utilizarán exclusivamente con fines de investigación académica y la redacción de la memoria de título correspondiente, sin revelar en ningún caso la identidad de los participantes.

6. VOLUNTARIEDAD Y DERECHO A RETIRARSE

Su participación es completamente voluntaria. Usted tiene el derecho absoluto de negarse a participar o de suspender y abandonar la sesión de juego en cualquier momento que lo estime conveniente, sin necesidad de dar explicaciones y sin que esto conlleve ningún tipo de sanción, perjuicio o consecuencia negativa.

7. CONTACTO

Si tiene dudas, preguntas o comentarios adicionales relacionados con este procedimiento o con sus derechos como participante, puede ponerse en contacto directo mediante correo a pajimenez22@alumnos.utalca.cl.

Figura C.2: Formulario de Consentimiento Informado - Página 2.

**8. DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO**

Al firmar este documento, declaro que:

1. He leído y comprendido la información proporcionada en este formulario.
2. He tenido la oportunidad de hacer preguntas y todas mis dudas han sido aclaradas satisfactoriamente.
3. Comprendo la naturaleza de la experiencia (videojuego de terror) y acepto participar de forma libre, voluntaria e informada.

Fecha: _____ Primer Nombre: _____

Edad: _____ Sexo _____

Firma Participante	Firma Investigador

Figura C.3: Formulario de Consentimiento Informado - Página 3.

D. Demo Jugable del Prototipo

El presente anexo contiene el enlace de descarga para la demo ejecutable del prototipo de videojuego de terror desarrollado en Unity, la cual fue utilizada para recolectar las respuestas fisiológicas y subjetivas de los participantes durante las sesiones de prueba.

- Enlace de descarga de la demo jugable: <https://sdk1.itch.io/prototipo-evidencia0>

E. Video Demo Jugable del Prototipo

- Enlace de video de la demo jugable: <https://drive.google.com/file/d/1bjPY3RrcD-ytX9U3TUJpMaQJtVAJGX9A/view?usp=sharing>

F. Cuestionario de Miedo e Inmersión Post-Juego

El presente anexo detalla el cuestionario de autorreporte global que fue administrado de forma digital a los participantes inmediatamente después de terminar su sesión de juego. El cuestionario evalúa de forma retrospectiva el miedo máximo experimentado, el estrés del diseño sonoro, los sobresaltos físicos, y la calidad espacial percibida de las señales de audio.

A continuación, se listan los ítems que componen la evaluación global post-juego:

1. Evalué el nivel máximo de miedo o tensión psicológica que llegó a experimentar en general durante la sesión (escala Likert de 1 a 5, donde 1 representa “Ninguno” y 5 representa “Máximo”).
2. ¿Qué tan opresivo o estresante sintió el diseño sonoro ambiental del departamento (el fondo acústico basal) mientras exploraba? (escala Likert de 1 a 5).
3. Pensando en los momentos de mayor impacto (como ruidos imprevistos o eventos sorprendidos), ¿qué tan intensos fueron sus sobresaltos físicos? (escala Likert de 1 a 5).
4. A nivel general, ¿con qué claridad y precisión sintió que podía identificar de dónde venían los ruidos (dirección, distancia o si se movían a su alrededor)? (escala Likert de 1 a 5).

5. ¿En qué medida sintió que la atmósfera acústica del juego lo/a “envolvía” en un espacio real, en lugar de percibir que provenía de unos audífonos? (escala Likert de 1 a 5).
6. ¿Qué tan difícil resultó orientarse y tomar decisiones dentro del juego guiándose primordialmente por el oído? (escala Likert de 1 a 5).
7. Si en algún momento del recorrido sintió que el sonido se comportaba de manera extraña, inestable o antinatural (ej. ruidos que cambiaban de posición de forma ilógica o física imposible), describa qué escuchó y cómo afectó su sensación de miedo (pregunta abierta de texto).
8. ¿Cuál fue el hito auditivo, ruido o ambiente específico de todo el juego que le provocó la respuesta visceral o psicológica más perturbadora y por qué? (pregunta abierta de texto).

G. Documento de Diseño de Juego (GDD)

El presente anexo contiene el Documento de Diseño de Juego (GDD) completo del prototipo *Evidencia 0*, el cual sirvió como guía de desarrollo y especificación técnica de las condiciones experimentales:

Game Design Document (GDD)

Evidencia 0

Prototipo de Terror Analógico — Vertical Slice

Patricio Jiménez

Abril 2026

Campo	Detalle
Género	Survival Horror / Terror Analógico
Perspectiva	Primera Persona
Plataforma	PC (Windows)
Motor	Unity
Duración estimada	15–20 minutos

Índice

1. Visión General y Pilares de Diseño	3
1.1. Pilares de Diseño	3
1.2. Premisa Narrativa	3
2. Estructura de Juego	3
2.1. Justificación Narrativa de la Repetición	3
2.2. Definición de Loops	4
2.3. Flujo de Sesión	4
3. Diseño de Nivel y Entorno	4
3.1. Matriz de Zonas y Eventos	5
3.2. Referencias	5
4. Mecánicas Principales	8
4.1. Movimiento y Cámara	8
4.2. Sistema de Recolección por Proximidad	9
4.3. Degradación Visual VHS	9
4.4. Interfaz de Usuario (HUD)	10
5. Diseño de Sonido	10
5.1. Filosofía Sonora	10
5.2. Paisaje Sonoro Ambiental	10
5.3. Implementación Técnica del Audio	10
6. Cierre Forense	11
7. Consideraciones para la Investigación	11

1 Visión General y Pilares de Diseño

Evidencia 0 es un prototipo *vertical slice* de terror analógico en primera persona, concebido como instrumento de validación empírica para una memoria de investigación sobre el impacto del audio tridimensional en la experiencia inmersiva y emocional del jugador. El prototipo tiene una duración objetivo de 15 a 20 minutos y prescinde de cualquier forma de combate, persecución o amenaza física directa: el antagonista es la **incertidumbre perceptual**, articulada exclusivamente mediante el diseño sonoro.

1.1 Pilares de Diseño

- P1. Terror por Percepción, no por Amenaza.** No existen enemigos modelados ni estados de muerte. La tensión emerge de la disonancia progresiva entre lo que el jugador escucha y lo que el entorno puede explicar físicamente.
- P2. Audio como Variable Independiente.** Cada repetición del entorno (loop) modifica exclusivamente los parámetros de renderizado de audio y la fiabilidad de las señales acústicas, manteniendo constante la geometría, la iluminación y la disposición de objetos. Esto permite aislar el efecto del audio como variable experimental.
- P3. Estética VHS Analógica.** La totalidad de la experiencia visual se filtra a través de la simulación de una grabación en cinta magnética de los años 90, incluyendo aberración cromática, líneas de *tracking*, ruido de señal y degradación progresiva de la imagen.
- P4. Cámara Silenciosa.** El avatar del jugador no emite sonidos propios —ni pasos, ni respiración, ni vocalización— para garantizar que toda señal acústica percibida pertenezca al entorno experimental y no interfiera con la localización espacial.

1.2 Premisa Narrativa

El jugador asume el rol de un perito forense que examina un departamento sellado tras un incidente no especificado. Su herramienta de registro es una videocámara analógica cuya cinta, según se descubre progresivamente, ha sido **grabada encima de sí misma** en múltiples ocasiones. Los fragmentos sonoros residuales de grabaciones anteriores —los *Ecos*— constituyen la evidencia que el jugador debe documentar.

2 Estructura de Juego

2.1 Justificación Narrativa de la Repetición

La estructura de tres loops sobre el mismo entorno se justifica diegéticamente como la **degradación de una cinta VHS** que ha sido regrabada sobre sí misma. Cada capa de grabación deteriora la anterior, y los Ecos —impresiones sonoras de eventos pasados— emergen con mayor distorsión e inestabilidad en cada iteración. Esta metáfora permite que la repetición se perciba como revelación progresiva y no como redundancia mecánica.

2.2 Definición de Loops

Loop	Nombre	Configuración de Audio	Estado Visual (VHS)
1	<i>Primera Capa</i>	Estéreo plano (2.0). Señales acústicas 100 % fiables en posición y comportamiento.	Imagen nítida. Filtro VHS cosmético leve: viñeta suave, aberración cromática mínima, <i>timestamp</i> visible.
2	<i>Capa Subyacente</i>	Audio 3D Binaural con HRTF. Señales acústicas 100 % fiables. Incorporación de oclusión y reverberación por geometría.	<i>Tracking</i> leve intermitente. Oscilación horizontal sutil. Saturación de color reducida. Ruido de señal visible en zonas oscuras.
3	<i>Capa Corrompida</i>	Audio 3D Binaural con HRTF. Señales acústicas inestables : posicionamiento físicamente imposible, violación de ejes, comportamiento orbital anómalo.	Degradación agresiva. <i>Glitching</i> frecuente, <i>tearing</i> horizontal, pérdida parcial de cuadros, distorsión cromática severa. Imagen casi ininteligible en picos de actividad acústica.

Cuadro 1: Configuración experimental por loop.

2.3 Flujo de Sesión

1. El jugador inicia en el **Living / Entrada**, donde una videocasetera funciona como dispositivo de *reset* narrativo y punto de calibración basal.
2. El jugador recorre el departamento siguiendo un **flujo circular**
3. En cada zona, el jugador localiza un **objeto ancla** e interactúa con él para documentar el Evidencia 0 correspondiente.
4. Tras documentar los tres Ecos, el jugador regresa al Living. La videocasetera “rebobina” la cinta, iniciando el siguiente loop con la configuración de audio y degradación visual correspondiente.
5. Al completar el Loop 3, se activa la secuencia de **Cierre Forense**.

3 Diseño de Nivel y Entorno

El escenario es un casa urbana : muros de hormigón visto, iluminación parcialmente funcional y rastros de suciedad distribuidos por la zona. Además, predominancia del uso de sombras densas y puntos de luz aislados.

3.1 Matriz de Zonas y Eventos

Zona	Evento	Objeto Ancla	Propósito	Experi- mental
Living / Entrada	Reset de Loop	Videocasetera	Zona segura. Estabilización emocional y calibración basal del oyente.	
Pasillo Central	Eco 1	Cinta VHS encima de la cocina	Medición de localización en el eje de profundidad (Z) y evaluación de oclusión por geometría.	
Dormitorio	Eco 2	Cinta VHS en Silla vacía orientada hacia la cama	Evaluación de localización en ángulos muertos y campo posterior (180°–360°).	
Cocina	Eco e	Cinta VHS en lavandería	Evaluación del <i>arousal</i> fisiológico ante transientes de alta energía (impactos).	

Cuadro 2: Distribución espacial de eventos acústicos.

3.2 Referencias



Figura 1: Visage



Figura 2: Visage



Figura 3: Silent Hill P.T



Figura 4: Silent Hill P.T

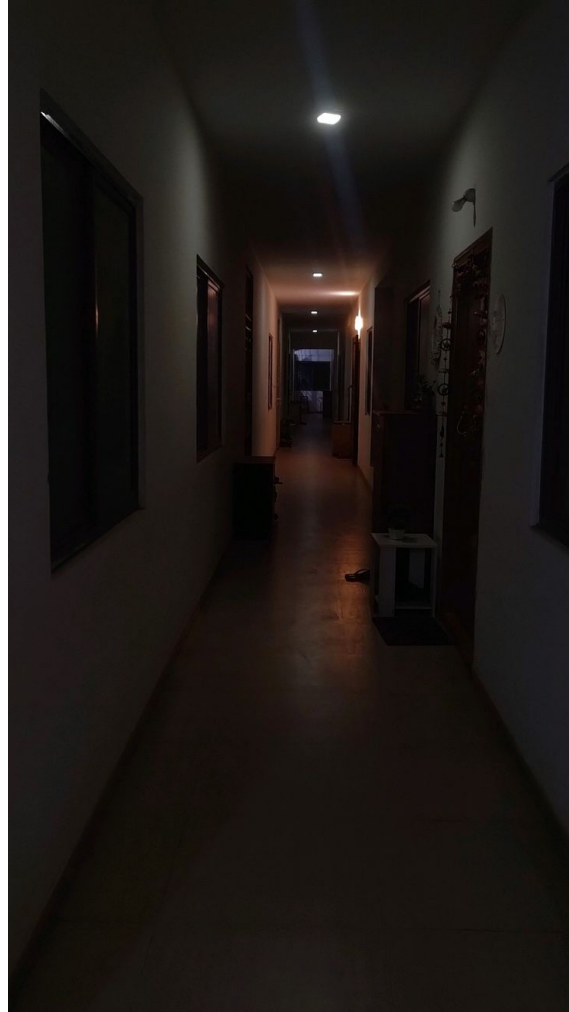


Figura 5: Referencia de Pasillo

4 Mecánicas Principales

4.1 Movimiento y Cámara

- **Velocidad base:** Constante y deliberadamente lenta para reforzar la vulnerabilidad perceptual. No se implementa sprint.
- **Inercia de cámara en mano (*handheld*):** El sistema de movimiento aplica una simulación de inercia física sobre la cámara. Al caminar, se activa un *headbob* realista con oscilación vertical y rotacional sutil. Al detenerse, la cámara ejecuta un **suavizado de amortiguación** (*damping*) que reproduce el balanceo residual de una cámara sostenida por un operador humano que frena.
- **Cámara Silenciosa:** El avatar no genera *foley* propio. No se renderizan pasos, respiración, roce de ropa ni interacción física con superficies. Toda señal acústica percibida por el jugador pertenece exclusivamente al paisaje sonoro del entorno y a los Ecos.

4.2 Sistema de Recolección por Proximidad

La mecánica central de progreso es la **documentación de Ecos** mediante la proximidad física a objetos ancla. El sistema opera de la siguiente manera:

1. Cada zona contiene un **objeto ancla** que actúa como emisor espacial del Eco correspondiente.
2. Al ingresar al radio de influencia del objeto (configurado por zona), el evento acústico comienza a reproducirse.
3. **Aproximación:** A medida que el jugador reduce la distancia al objeto ancla, el volumen del evento aumenta progresivamente y la nitidez espectral mejora (reducción de filtrado).
4. **Alejamiento:** Al incrementar la distancia, se aplica un **filtro *low-pass*** progresivo que atenúa las frecuencias altas, simulando la pérdida de definición por distancia y reforzando la sensación de que el sonido “pertenece” al objeto.
5. **Umbral de documentación:** Al alcanzar una distancia mínima específica y permanecer en ella durante un breve intervalo (2–3 segundos), el Eco se registra como *documentado*. Un indicador visual sutil en el visor VHS confirma la captura (parpadeo del icono REC).

4.3 Degradación Visual VHS

El sistema de postprocesado VHS es dinámico y responde a dos variables:

- **Variable de loop:** Cada loop incrementa el nivel base de degradación según la tabla de la Sección 2.2.
- **Variable de proximidad acústica:** La cercanía a un Evidencia 0 activo intensifica temporalmente los artefactos VHS (estática, *tearing*, distorsión cromática), estableciendo una correlación perceptual entre actividad sonora anómala e inestabilidad visual.

Los parámetros de degradación incluyen:

- Aberración cromática (separación RGB).
- Líneas de *tracking* horizontal.
- Ruido gaussiano de luminancia.
- *Tearing* (desplazamiento horizontal de franjas).
- Pérdida intermitente de señal (*dropout*).
- Viñeta y caída de saturación.

4.4 Interfaz de Usuario (HUD)

Se aplica un esquema de **inmersión total diegética**. Todos los elementos de interfaz están integrados en el visor de la cámara VHS:

- No se muestran barras de estado, minimapas, indicadores de objetivos salvo algún texto instruccional.

5 Diseño de Sonido

5.1 Filosofía Sonora

El diseño de sonido de se rige por tres principios:

1. **Organicidad:** Todas las pistas se construyen con *foley* grabado de fuentes reales. Se prescinde de sintetizadores, drones musicales y voces humanas inteligibles para forzar la **inmersión imaginativa**: el jugador debe construir narrativa a partir de sonidos ambiguos.
2. **Aislamiento:** Cada Eco se presenta como evento acústico discreto, separado del paisaje sonoro ambiental por silencios deliberados que amplifican su impacto.
3. **Degradación coherente:** Los Ecos se procesan con artefactos de cinta magnética (saturación, *wow and flutter*, pérdida de agudos) que se intensifican por loop, manteniendo coherencia con la metáfora narrativa de la cinta regrabada.

5.2 Paisaje Sonoro Ambiental

El ambiente base del departamento se compone de:

- Zumbido eléctrico de luces.
- Musicalización ambiental con bajos pronunciados.

Estos elementos permanecen **constantes** en los tres loops para garantizar que las variaciones percibidas por el jugador se atribuyan exclusivamente a los cambios en los Ecos.

5.3 Implementación Técnica del Audio

- **Motor de audio espacial:** Implementación de HRTF mediante plugin de espacialización (Steam Audio, Resonance Audio o solución nativa del motor).
- **Oclusión y obstrucción:** Cálculo por *raycast* entre el listener y cada emisor. Los muros de hormigón aplican atenuación de frecuencias altas (>2 kHz) simulando la absorción del material.
- **Reverberación:** Configurada por zona mediante volúmenes de reverberación (*reverb zones*). Parámetros calibrados para simular espacios pequeños con superficies reflectantes.

- **Filtro *low-pass* por distancia:** Atenuación progresiva de frecuencias superiores a 4 kHz a partir de 3 metros de distancia al emisor, con pendiente configurable.
- **Procesado de cinta:** Capa de postprocesado de audio que aplica saturación armónica, modulación de velocidad (*wow and flutter*) y reducción de ancho de banda, con intensidad escalada por loop.

6 Cierre Forense

Al completar la documentación del tercer Eco en el Loop 3, se activa la secuencia de cierre:

1. **Convergencia acústica:** Los tres Ecos se reproducen simultáneamente, superpuestos en un **caos 3D envolvente**. La cadena orbita en el plano cenital, la respiración invade el campo íntimo, y los cristales ascienden en cascada inversa. La mezcla escala en volumen durante 8–10 segundos.
2. **Corte abrupto:** Todos los emisores cesan instantáneamente.
3. **Silencio absoluto:** Un intervalo de 3–4 segundos de silencio total (sin ambiente, sin zumbido eléctrico, sin ruido de cinta). El silencio funciona como contraste máximo tras la saturación acústica.
4. **Fundido a negro:** La imagen se desvanece lentamente a negro durante 5 segundos, simulando el final de la cinta.
5. **Pantalla de fin:** Texto mínimo sobre fondo negro: “*Fin de la cinta.*” seguido de las instrucciones para completar el cuestionario de la investigación.

7 Consideraciones para la Investigación

- La transición entre loops se gestiona de forma **transparente** para el jugador: no se presentan menús de selección ni indicadores explícitos de cambio de condición experimental.
- El orden de los loops es **fijo** (estéreo → 3D fiable → 3D inestable) para todos los participantes, dado que la narrativa de degradación de cinta exige progresión lineal.
- Los puntos de medición (cuestionarios, registros fisiológicos) se insertan **entre loops**, aprovechando el momento de “rebobinado” en el Living como pausa natural.
- El diseño de nivel circular y la ausencia de *puzzles* o mecánicas de bloqueo garantizan que las variaciones en el tiempo de completado se atribuyan a diferencias en el comportamiento exploratorio y no a habilidad mecánica.