

Probando los efectos de la representación no fotorrealista en los videojuegos: Un estudio comparativo

Victor Melià-Vilar¹, Micaela Y. Martín¹, Miguel Chover¹, and Mateu Sbert²

¹ *Universitat Jaume I, Avinguda de Vicent Sos Baynat, s/n, Castelló de la Plana, 12006, España*

² *Universitat de Girona, Plaça de Sant Domènec 3, Girona, 17004, España*

Resumen

Este artículo de investigación explora el impacto de los efectos de representación no fotorrealista (NPR) en las experiencias de juego del usuario en el contexto de los videojuegos. Utilizando el videojuego "John Lemon" como herramienta principal de investigación, se aplicaron cinco efectos distintos de NPR, cada uno diseñado para investigar su influencia en la inmersión del jugador, el flujo, la competitividad y las emociones, evaluadas a través de la versión in-game del Game Experience Questionnaire (GEQ). Los resultados revelan que las variaciones en los estilos artísticos generan experiencias positivas en términos de afecto positivo, mientras que ciertos efectos, como la reducción del rango de color y la visibilidad limitada, disminuyen la inmersión y aumentan la tensión y el afecto negativo. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar los efectos visuales en el diseño de videojuegos y destacan la necesidad de más investigaciones en este campo en evolución.

Palabras clave

Representación no fotorrealista (NPR), videojuegos, experiencia de juego, efectos visuales, emociones, estilos artísticos, diseño de videojuegos

Abstract

This research article explores the impact of Non-Photorealistic Rendering (NPR) effects on user gaming experiences within the context of video games. Using the video game "John Lemon" as the primary research tool, five distinct NPR effects were applied, each designed to investigate their influence on player immersion, flow, competitiveness, and emotions, assessed through the in-game version of the Game Experience Questionnaire (GEQ). The results reveal that variations in artistic styles generate positive experiences in terms of positive affect, while certain effects, such as color range reduction and limited visibility, decrease immersion and increase tension and negative affect. These findings underscore the importance of considering visual effects in video game design and emphasize the need for further research in this evolving field.

Keywords

Non-Photorealistic Rendering (NPR), video games, gaming experience, visual effects, emotions, artistic styles, video game design

1. Introducción

En el mundo de los videojuegos, la búsqueda constante de la mejora de la experiencia del jugador ha llevado a la exploración de diversas técnicas y enfoques. Uno de estos enfoques se centra en la aplicación de efectos visuales conocidos como "Non-Photorealistic Rendering" (NPR), que tienen la



al415395@uji.es (A. 1); micmarti@uji.es (A. 2); chover@uji.es (A. 3); mateu@ima.udg.edu (A. 4)



0009-0004-4461-7253 (A. 1); 0000-0001-6100-7538 (A. 2); 0000-0002-0525-7038 (A. 3); 0000-0003-2164-6858 (A. 4)



© 2023 Copyright for this paper by its authors.

Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).



CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org)

capacidad de transformar los gráficos de los videojuegos de maneras sorprendentes. Estos efectos NPR no solo tienen el potencial de enriquecer la estética visual de los videojuegos, sino que también pueden influir en las emociones [3] y la percepción de los jugadores durante su experiencia de juego.

La presente investigación se sumerge en la renderización NPR aplicada a videojuegos, explorando cómo diversos efectos visuales afectan la experiencia del usuario. A lo largo de este estudio, se ha utilizado el videojuego John Lemon [10] como punto de partida, y se han aplicado cinco efectos NPR diferentes en el mismo nivel del juego. Estos efectos varían desde la alteración de colores hasta la modificación de la visión del jugador, y cada uno de ellos ha sido diseñado para investigar su impacto en diferentes aspectos de la experiencia de juego.

En el transcurso de este artículo, analizaremos cómo los efectos NPR influyen en componentes clave de la experiencia de juego, como la inmersión, la fluidez, la competencia y las emociones experimentadas por los jugadores. Además, examinaremos cómo estos efectos pueden generar tanto emociones positivas como negativas, y cómo la elección de efectos visuales puede ser crucial para diseñar experiencias de juego cautivadoras.

Los resultados de este estudio destacan la importancia de considerar los efectos visuales en el diseño de videojuegos y cómo pueden impactar en la percepción y las emociones de los jugadores.

También señalan la necesidad de futuras investigaciones para explorar aún más el potencial de los efectos NPR en una variedad de contextos de juego y géneros de videojuegos.

En última instancia, este trabajo proporciona una visión de cómo los efectos visuales pueden ser una herramienta beneficiosa para los diseñadores de videojuegos en la búsqueda de experiencias de juego emocionantes y envolventes.

El documento se estructura en siete secciones. La sección 2 se centra en la revisión de la literatura relacionada con el Non-Photorealistic Rendering (NPR) en el contexto de los videojuegos. La sección 3 ofrece detalles sobre los materiales utilizados en los experimentos, mientras que la sección 4 detalla la metodología empleada en dichos experimentos. En la sección 5, se exponen los resultados que investigan el impacto de los efectos NPR en la experiencia de juego. La sección 6 se dedica a analizar los hallazgos y sus implicaciones. Finalmente, en la sección 7, se concluye el estudio y se plantean posibles direcciones para investigaciones futuras.

2. Estado del arte

2.1. Uso del NPR

El campo de renderización NPR está formado por sistemas que importan parámetros de imágenes estáticas como entrada [1]. Como extensión, estos pueden trabajar con modelos tridimensionales, animaciones o entradas de video [1]. En este contexto, la renderización NPR ofrece shaders que poseen la capacidad de emular técnicas artísticas [2], tales como la simulación del efecto de tinta sobre papel, en tiempo real mediante la aplicación de algoritmos especializados y precisos. Como resultado, la transformación de cualquier representación gráfica en una versión que sigue el estilo artístico predefinido de manera programática es viable como suplemento gráfico del entorno digital.

Estos shaders pueden ser aplicados a dispositivos que admiten interfaces gráficas, extendiendo su utilidad hacia sectores como el cine o los videojuegos. Los videojuegos serán el campo de estudio sobre el que se desarrolla este artículo.

Como se aprecia en la Figura 1, esta representación no alcanza la exactitud del estilo artístico de un artista, pero puede reemplazar técnicas artísticas en desuso, como el efecto de animación clásica empleado históricamente por Walt Disney. En la actualidad, este estilo ha sido revivido en escasos videojuegos, como Cuphead [5] o Bendy and the Ink Machine [6]. Respecto al resto de estilos, muchos se han popularizado con videojuegos más recientes como The Legend of Zelda: Tears of the Kingdom [15] o Hi-Fi RUSH [16], los cuales utilizan técnicas de sombreado como los toon shaders NPR.

Adicionalmente, estos shaders pueden interactuar de manera pasiva con otros shaders incorporados durante la etapa de postprocesado, con el propósito de generar una visualización óptima y refinada.



Figura 1: Efecto tinta utilizado en el motor Unity con shaders NPR

2.2. NPR y emociones

Al funcionar como imágenes, los shaders NPR generalmente evocan respuestas emocionales en los usuarios. En 2010, Aaron Hertzmann [7] destacó que en la mayoría de documentos acerca del uso del NPR se buscan demostraciones algorítmicas como formato de evaluación, debido a que evaluar el arte de forma científica resulta poco práctico. El autor añade que la visión humana puede interpretar la representación de nuevos estilos artísticos sin esfuerzo alguno, concluyendo con la posibilidad de crear nuevas teorías del arte con el uso del NPR. Esto extiende la evaluación científica del arte hacia varios campos como la biología o la neurociencia.

Sumado a esto, un estudio de este mismo año de Swati Atreya [13], muestra la infinidad de técnicas NPR que existen a nivel artístico, las cuales podrían ser aprovechadas para el diseño y desarrollo de videojuegos.

Por desgracia, en la actualidad existen insuficientes investigaciones que destaquen el papel del NPR como un medio para suscitar una respuesta emocional, especialmente en el contexto de los videojuegos. Sin embargo, es relevante mencionar que en la última década se han llevado a cabo numerosos estudios que exploran la interacción entre las emociones y los videojuegos.

Regresando a 2010, Timothy Sanders y Paul Cairns [3] definieron la inmersión en el contexto de los videojuegos como “la sensación de estar dentro del juego en la que los pensamientos, atención y metas del jugador se encuentran dentro y sobre el videojuego”.

Por otro lado, un estudio llevado a cabo por Federica Pallavicini y Alessandro Pepe[4], estableció una relación entre la inmersión y las emociones positivas experimentadas por los jugadores, al comparar la jugabilidad en un ordenador convencional frente a la realidad virtual. Como resultado, concluyeron que las emociones expresadas por los jugadores guardan una relación proporcional con el nivel de inmersión y otros factores como el flujo (flow).

Es relevante destacar que el concepto de inmersión ya había sido previamente abordado en un estudio realizado en 2005 por J.Fischer, D. Bartz y W. Straber [9]. Estos investigadores emplearon filtros NPR en un entorno de realidad aumentada con el fin de mejorar la experiencia de inmersión del usuario.

En 2011, una investigación de Mandryk, Regan L., David Mould, y Hua Li [8], se encargó de evaluar la respuesta emocional de los usuarios ante una serie de imágenes NPR. En sus resultados destacó una serie de imágenes que despertaron el placer visual de los participantes frente al resto de pruebas. Con ello, demostró que los efectos NPR son capaces de influir en las emociones positivas de las personas y otros aspectos distintos de la inmersión.

3. Descripción del material utilizado

Como elemento de comparación se ha utilizado el videojuego John Lemon [10] para la plataforma de PC, debido a su intuitivo control y a que consta de una gran cantidad de assets 3D que beneficia la

evaluación de los efectos NPR. Para su debida ejecución, se ha dispuesto de un teclado y un ratón como controladores de la experiencia. La simplicidad que estos sistemas proporcionan permite que cualquier usuario de la prueba pueda participar en el videojuego, sin importar la modificación efectuada en el software.

3.1. Algoritmos

Para llevar a cabo las modificaciones de estilo NPR, se ha utilizado el motor de videojuegos Unity [11]. Dichos cambios se logran a través de las librerías de NPR descritas en el artículo de Milán Magdics et al. [14]. El script utilizado permite alterar el post-procesado de la escena, añadiendo el uso de líneas de contorno a partir de una serie de algoritmos:

Algoritmo 1 - Creador de buffers

1. Creación de una renderización de la textura del mapa de líneas en espacio de pantalla.
2. Ejecución del buffer del mapa de líneas.
3. Se repiten los pasos anteriores para el mapa de sombras y la fuente (source).

Este algoritmo crea los buffers de los shaders que se mostrarán por pantalla. Para ello, llama posteriormente al método `OnRenderImage()` para renderizar la imagen final en la cámara. Es en este método donde se aplican los efectos NPR configurados en el inspector de Unity.

Algoritmo 2 - Renderización de imagen

1. Se ejecuta la función `OnRenderImage()` utilizando la textura de fuente y la de destino.
2. El algoritmo calcula que ajuste ha utilizado el usuario: desaturación, sombras, color, etc.
3. Con esta información, renderiza la imagen final a través de la cámara de Unity.

Estos atributos pueden ser combinados con las líneas de contorno. Estas funcionan dentro del espacio de pantalla y contienen propiedades modificables que definen la naturaleza de éstas:

- Thickness (T): Grosor de la línea. Valores entre 0 y 5.
- Sharpness (S): Dureza de la línea. Valores entre 0 y 4.
- Detailedness (D): Detalle de la línea. Valores entre 0 y 3.
- Threshold (H): Umbral de la línea. Valores entre -200 y 200.

La renderización de las líneas viene definida por el siguiente algoritmo:

Algoritmo 3 - Renderización de líneas

1. Utilizando la textura renderizada de la fuente, el destino y el `flowField`, el algoritmo revisa si se está utilizando un filtro precalculado.
2. Si no está utilizando un filtro, se creará el nuevo filtro a partir de las propiedades que el usuario haya ajustado en las líneas de contorno.
3. En caso contrario, utiliza el efecto ya definido al principio del algoritmo.

3.2. Pruebas

Para esta prueba, se han modificado algunas de las propiedades acerca de las líneas de contorno, comentadas en el apartado anterior para generar cinco versiones del videojuego, cada una con un efecto visual. Adicionalmente se han alterado otros aspectos del post-procesado como el fade, la simplificación, la desaturación o el dibujo con el color renderizado, los cuales se definen en el algoritmo 2 descrito previamente.

Las Figuras 2 y 5 representan los efectos que han utilizado líneas de contorno como fundamento del shader NPR (Dark-1 y White-4). El resto de las pruebas se basan en una reducción gráfica para los usuarios. La Figura 3 lo hace mediante un efecto borroso (Blurry-2), mientras que las Figuras 4 y 6

muestran efectos que reducen el campo visual de forma directa (Neon-3 y Blind-5). La Tabla 1 recoge las propiedades que ha utilizado cada efecto para su creación.



Figura 2: Efecto visual Dark-1



Figura 3: Efecto visual Blurry-2

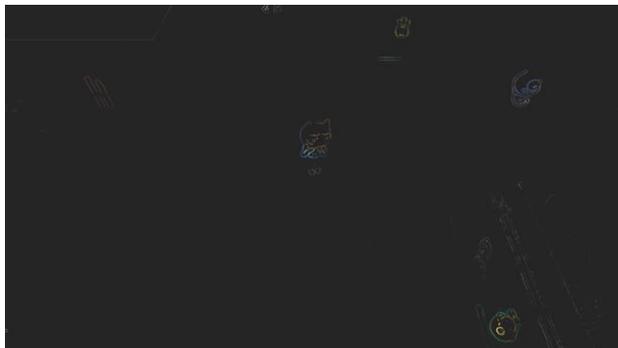


Figura 4: Efecto visual Neon-3

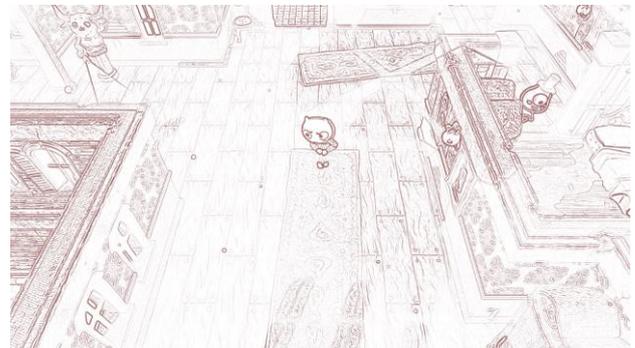


Figura 5: Efecto visual White-4

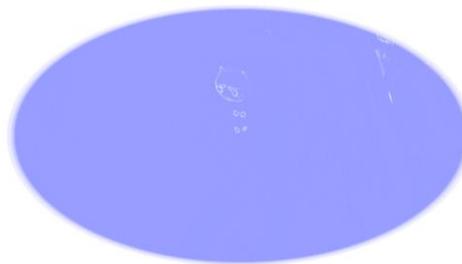


Figura 6: Efecto visual Blind-5

4. Descripción y alcance de los experimentos

No se ha encontrado evidencia científica que haya estudiado el impacto de los shaders NPR empleados en videojuegos respecto a la experiencia de los usuarios. En consecuencia, se propone llevar a cabo un estudio con el objetivo de evaluar la percepción emocional de los jugadores en relación a cada efecto visual propuesto.

Con este propósito, se llevará a cabo un análisis de varios aspectos, tales como el nivel de inmersión, el grado de desafío, la percepción de tensión, ansiedad/estrés, confusión, así como la experimentación de emociones tanto positivas como negativas. Al concluir las cinco variantes del

videojuego, se requerirá que el usuario complete un cuestionario destinado a valorar su experiencia en relación con los cinco shaders NPR propuestos.

Table 1
Lista de propiedades utilizadas en los experimentos

Efecto	Propiedades	Descripción
Dark-1	T:4, S:2, D:3, H:-33	Espacio de imagen, dibujado con color renderizado, Simplificación del entorno
Blurry-2	T:1, S:2, D:3, H:-100	Espacio de imagen, fade en profundidad de campo, desaturación radial
Neon-3	T:1, S:1, D:3, H:-84	Espacio de imagen, simplificación y fade, desaturación en profundidad de campo
White-4	T:1, S:3, D:3, H:0	Bordes combinados, visibles en cámara
Blind-5	T:1, S:2, D:3, H:-100	Bordes combinados, fade en profundidad de campo, desaturación radial

El cuestionario elegido para ambas experiencias fue el GEQ [12] utilizando su versión In-game GEQ. Este cuestionario consta de 14 ítems para que los usuarios expresen sus impresiones, valorando cada ítem en una escala tipo Likert de cinco puntos ("muy desfavorable" = 0 a "muy favorable" = 4). El GEQ del juego recopila siete componentes diferentes y se utilizan dos elementos para cada componente. Los ítems para cada una se enumeran a continuación: Competencia (ítems 2 y 9), Inmersión sensorial e imaginativa (ítems 1 y 4), Fluidez (ítems 5 y 10), Tensión (ítems 6 y 8), Desafío (ítems 12 y 13), Afectos Negativos (ítems 3 y 7) y Afectos Positivos (ítems 11 y 14). La Tabla 2 muestra el enunciado de las preguntas del cuestionario asociadas a sus componentes correspondientes.

Table 2
Lista de ítems en el cuestionario In-game GEQ.

Componente	Ítems
Competencia	Ítem 2. Me sentí exitoso
	Ítem 9. Me sentí hábil
Inmersión sensorial e imaginativa	Ítem 1. Me interesó la trama del juego
	Ítem 4. Me pareció impresionante
Flujo	Ítem 5. Me olvidé de todo lo que me rodeaba
	Ítem 10. Me sentí completamente absorbido
Tensión	Ítem 6. Me sentí frustrado
	Ítem 8. Me sentí irritable
Desafío	Ítem 12. Me sentí desafiado
	Ítem 13. Tuve que esforzarme mucho
Afectos negativos	Ítem 3. Me sentí aburrido
	Ítem 7. Me pareció pesado
Afectos positivos	Ítem 11. Me sentí satisfecho
	Ítem 14. Me sentí bien

Las principales hipótesis de estudio fueron:

- H1: Los efectos que añaden líneas de contorno al escenario y sus elementos (Dark-1, White-4) conllevan un incremento de inmersión, fluidez y afectos positivos con respecto al resto.
- H2: El efecto que reduce la visión (Blind-5) disminuye la inmersión y la fluidez del juego.
- H3: Los efectos que reducen la luz del videojuego o que reducen la visión del jugador (Neon-3, Blind-5), conllevan un incremento de la tensión, el desafío y los afectos negativos.

5. Resultados

Los resultados recogidos del GEQ se basan en las medias estadísticas de las valoraciones. Para el experimento, se ha utilizado la valoración de 15 usuarios.

Análisis por componentes

La mediana de la temática ítem 1 (me interesó la trama del juego) fue 2 para Dark-1, Blurry-2 y White-4, y disminuyó a 1 en Neon-3, y a 0 en Blind-5. En términos generales la trama resultó poco interesante.

En cuanto al ítem 2 (me sentí exitoso), tanto en Blurry-2 como en White-4 los usuarios se sintieron muy exitosos (Mdn=3). Mientras que el nivel de éxito disminuyó en Dark-1 (Mdn=2.5), y más aún en Neon-3 y Blind-5 (Mdn=2). Cabe destacar que en el experimento White-4, más del 70% de los usuarios se sintieron exitosos.

Respecto al ítem 3 (me sentí aburrido), los resultados muestran que los usuarios mostraron poco aburrimiento en términos generales, con Mdn=1.5 en Neon-3 y Mdn=1 en todas las restantes. Cabe destacar que las pruebas Dark-1 y White-4 concentraron la mayoría de valoraciones entre 0 y 1, resultando las experiencias de menor aburrimiento.

Sobre haberse sentido impresionante (ítem 4), las pruebas Dark-1 y White-4 destacaron con Mdn=3, indicando una respuesta muy favorable. Las pruebas Blurry-2 y Neon-3 presentaron Mdn=2 representando una valoración neutra, mientras que Blind-5 resultó la menos impresionante con una Mdn=1 (ver Figura 7).

En relación con haberse olvidado de todo lo que rodeaba (ítem 5), la primera prueba resultó la de mejor valoración (Mdn=3) indicando mayor flujo de juego, y el resto de las experiencias presentaron Mdn=2.

En cuanto al ítem 6 (me sentí frustrado) destaca una tendencia en las pruebas Neon-3 y Blind-5 con respuestas muy favorables (Mdn=3). Es decir, los usuarios se sintieron más frustrados en ellas. Respecto al resto, los valores de frustración fueron muy bajos con medianas entre 0 y 0.5 (Figura 8).

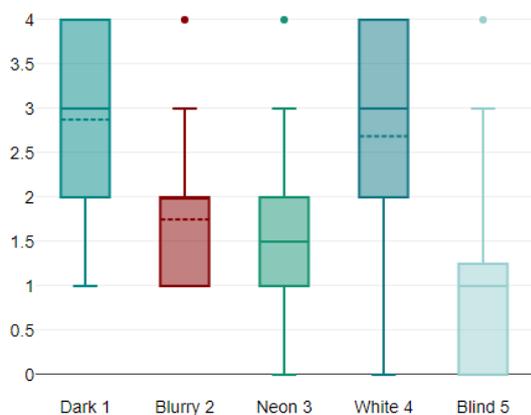


Figura 7: Diagrama de cajas ítem 4

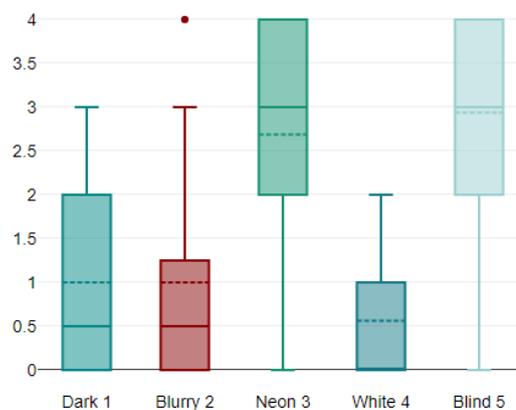


Figura 8: Diagrama de cajas ítem 6

Este patrón se repitió en el ítem 8 (me sentí irritable), de tal forma que las pruebas Neon-3 y Blind-5 fueron las que más irritaron a los usuarios. El ítem 7 (me pareció pesado) presentó una tendencia similar, con la excepción de Blurry 2 que obtuvo una Mdn=2, resultando medianamente pesado.

En cuanto a la habilidad de los jugadores (ítem 9), estos se sintieron muy hábiles en las pruebas Dark-1, Blurry-2 y White-4, con Mdn=3. Las pruebas que más molestaron en los ítems 7 y 8, también recibieron menor valor aquí con Mdn=1.5 en Neon-3 y Blind-5, indicando que los jugadores se sintieron muy poco hábiles.

Sobre haberse sentido completamente absorbidos (ítem 10), la prueba Dark-1 mostró una valoración muy favorable con Mdn=3, mientras que Blurry-2, Neon-3 y White-4 recibieron respuestas neutras, y Blind-5 resultó el menos absorbente con Mdn=1.

La satisfacción de los jugadores (ítem 11), resultó ser inversa al ítem 3 (me sentí aburrido) y 4 (me sentí pesado), de forma que las pruebas Dark-1, Blurry-2 y White-4 mostraron una respuesta “favorable” frente a las pruebas Neon-3 y Blind-5, con respuestas “desfavorables”.

El nivel de desafío (ítem 12) mostró un gran incremento en las pruebas Neon-3 y Blind-5 con Mdn=3, mientras que Dark-1 resultó tener nivel de desafío medio y Blurry-2 y White-4 fueron percibidos con poco desafío (Mdn=1).

El hecho de haberse esforzado mucho (ítem 13), alcanzó niveles altos en Neon-3 y Blind-5 con Mdn=3, un valor bajo en Dark-1, y valores muy bajos en Blurry-2 y White-4 con Mdn=0, indicando muy poco esfuerzo en estas.

Por último, el ítem 14 (me sentí bien), resultó en obtener sus mejores valoraciones en Dark-1 y White-4 con Mdn=3, puntuaciones neutras en Blurry-2 y Neon-3 (Mdn=2), y puntuación baja en Blind-5 (Mdn=1) lo que indica que en este último los participantes se sintieron menos bien.

Gráficos por componentes

A partir de los ítems anteriores, se recogieron los datos estadísticos de las valoraciones de cada categoría de estudio:

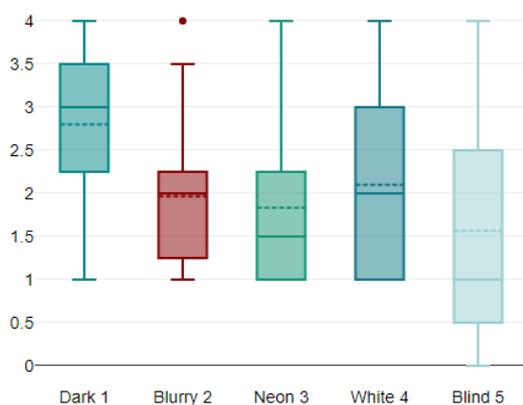


Figura 9: Diagrama de cajas fluidez

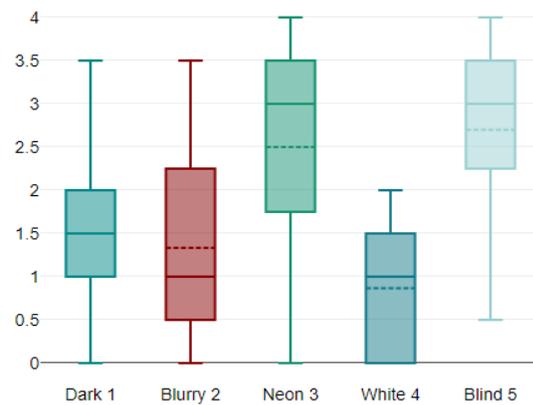


Figura 10: Diagrama de cajas desafío

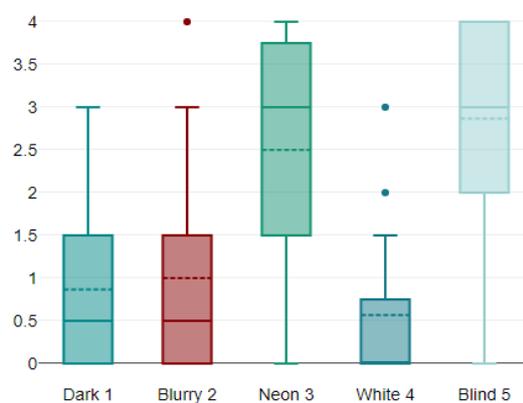


Figura 11: Diagrama de cajas tensión

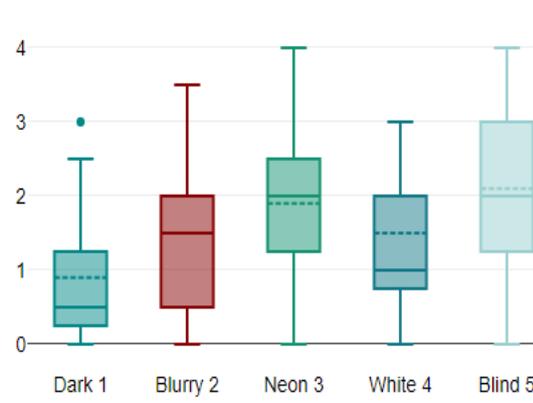


Figura 12: Diagrama de cajas afectos negativos

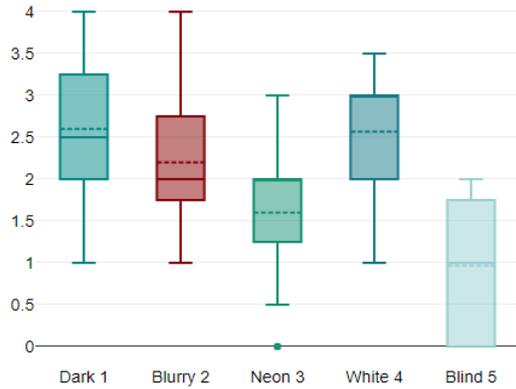


Figura 13: Diagrama de cajas afectos positivos

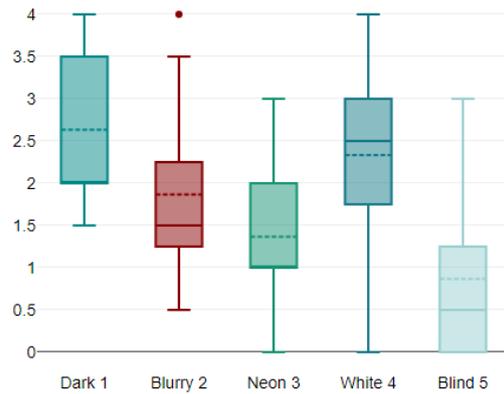


Figura 14: Diagrama de cajas inmersión

6. Discusión

En primer lugar, para la hipótesis H1, las impresiones de los jugadores en cuanto a la fluidez (Figura 9), la inmersión (Figura 14) y los afectos positivos (Figura 13) resultaron en que las pruebas Dark-1 y White-4 fueron especialmente gratificantes en comparación al resto. Del mismo modo, los jugadores afirmaron que estos dos experimentos acabaron siendo más interesantes, de tal forma que los estilos artísticos tan variados repercuten positivamente en la experiencia del usuario, confirmando así la hipótesis H1.

Así mismo, se validó la hipótesis H2, que afirma que el efecto que reduce la visión (Blind-5) disminuye la inmersión (Mdn=0.5) y la fluidez del juego (Mdn=1). Resaltamos también que el efecto que disminuye la luz (Neon-3) también presentó valoraciones bajas en la inmersión generada (Mdn=1), que puede verse en la Figura 14.

Finalmente, la hipótesis H3 establece que los efectos que reducen la luz del videojuego o la visión del jugador (Neon-3, Blind-5) conllevan un incremento de la tensión, el desafío y los afectos negativos. Debido a la elevada dificultad que supone utilizar estos cambios visuales en los diferentes experimentos, era de esperar que las pruebas Neon-3 y Blind-5 concluyeran con resultados favorables a la hipótesis.

En ambas, las componentes de tensión y el desafío (Figuras 11 y 10) destacan con Mdn=3 en ambas componentes, indicando que los participantes sintieron un nivel alto de tensión y se sintieron muy desafiados. Por otro lado, los afectos negativos también presentaron un ligero incremento como puede apreciarse en la Figura 12.

Se debe reportar que el presente estudio presentó algunas limitaciones que requieren consideración. En primer lugar, la muestra de participantes fue relativamente reducida, compuesta por un total de 15 individuos. Esta dimensión de la muestra puede restringir la extrapolación de los resultados, ya que una muestra de tamaño reducido tiende a carecer de representatividad respecto a la población en su conjunto.

En segundo lugar, las condiciones en las que se dispusieron los filtros visuales y se llevaron a cabo las sesiones de juego podrían haber influido en las respuestas de los participantes. La secuencia en la que se presentaron los filtros visuales y se realizó el juego podría haber dado lugar a sesgos en las percepciones de los participantes.

Adicionalmente, la realización repetida del juego por parte de los participantes a lo largo del estudio plantea la posibilidad de un efecto de aprendizaje. Este efecto podría haber influido en el rendimiento de los participantes, así como en sus respuestas al cuestionario, lo que debería ser considerado al interpretar los resultados.

En conjunto, estas limitaciones del estudio deben ser tenidas en cuenta al generalizar y contextualizar los hallazgos obtenidos.

7. Conclusiones y trabajos futuros

El trabajo desarrollado realiza una comparativa para evaluar la experiencia de juego del videojuego John Lemon empleando cinco efectos NPR en el mismo nivel. El estudio muestra cómo cada efecto ha afectado a las propuestas de las componentes del GEQ, en algunos casos para bien y otros para mal. Entre estas componentes, los afectos positivos, la inmersión, la fluidez y la competencia han destacado por ser positivas en los experimentos que los jugadores más han disfrutado. En cambio, en aquellos efectos que han hecho que los jugadores tuvieron menos visión de la escena, los jugadores se sintieron más irritables. Por otro lado, esto ha provocado que los jugadores se mostraran más molestos en este tipo de experimentos, incentivando así el aumento de los afectos negativos, la tensión y el desafío.

Por los resultados obtenidos y teniendo en cuenta que las experiencias son diferentes a las estudiadas en la literatura, se puede concluir con que los efectos NPR aplicados a videojuegos, influyen en las emociones de los jugadores, alterándolas según el efecto aplicado.

Sin embargo, parece evidente que todavía hay trabajo de investigación en este campo. En cuanto a los efectos empleados, aún se podría trabajar con otros estilos artísticos para fomentar la comprobación de la hipótesis H1 y formular nuevas hipótesis en base a las componentes del GEQ.

En el futuro, para llevar a cabo esta propuesta, se debería modificar el script empleado de tal forma que se pueda modificar el tipo de línea de contorno. Adicionalmente, se podría utilizar alguna técnica que permita distorsionar la visión que tiene el jugador sobre los modelos 3D. Esto podría concluir con un resultado impresionante si se combinara con las líneas de contorno y otros efectos del postprocesado, creando así nuevos efectos NPR.

Otro aspecto que resultaría interesante investigar dado que los usuarios se quejaron de que solo se aplicó un videojuego en los experimentos, sería comprobar como afecta esta misma investigación de cara a otro tipo de videojuegos para verificar si las hipótesis descritas se siguen cumpliendo en los aspectos revisados en este trabajo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido desarrollado con el apoyo de valgrAI, la Escuela de Posgrado y Red de Investigación de Inteligencia Artificial, y la Generalitat Valenciana, con la cofinanciación de la Unión Europea. Además, ha sido financiado mediante la subvención PDC2021-120997-C31, otorgada por el MCIN/AEI, como parte del programa "European Union NextgenerationEU/PRTR". También se ha contado con el respaldo de la subvención para Grupos de Investigación Consolidados (CIAICO/2021/037) del Departamento de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital de la Generalitat Valenciana.

Referencias

- [1] Finkelstein, Adam; Markosian Lee. Non Photorealistic rendering. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2003, vol. 23, no 4, p. 26-27.
- [2] Tateosian, Laura Gray; Healey, Christopher G. NPR: Art enhancing computer graphics. North Carolina State University. Dept. of Computer Science, 2004.
- [3] Sanders, Timothy; Cairns, Paul. Time perception, immersion and music in video games. *Proceedings of HCI 2010* 24, 2010, p. 160-167.
- [4] Pallavicini, F., & Pepe, A. (2019, October). Comparing player experience in video games played in virtual reality or on desktop displays: Immersion, flow, and positive emotions. In *Extended abstracts of the annual symposium on computer-human interaction in play companion extended abstracts* (pp. 195-210).
- [5] StudioMDHR. Cuphead; Available from: <https://store.steampowered.com/app/268910/Cuphead/>
- [6] Joey Drew Studios. Bendy and the Ink Machine; Available from: https://store.steampowered.com/app/622650/Bendy_and_the_Ink_Machine/

- [7] Hertzmann, Aaron. "Non-photorealistic rendering and the science of art." Proceedings of the 8th International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering. 2010.
- [8] Mandryk, Regan L., David Mould, and Hua Li. "Evaluation of emotional response to non-photorealistic images." Proceedings of the ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering. 2011.
- [9] J. Fischer, D. Bartz and W. Straber, "Stylized augmented reality for improved immersion," IEEE Proceedings. VR 2005. Virtual Reality, 2005., Bonn, Germany, 2005, pp. 195-202, doi: 10.1109/VR.2005.1492774.
- [10] Unity. John Lemon; Available from: <https://learn.unity.com/project/john-lemon-s-haunted-jaunt-3d-para-principiantes>
- [11] Unity; Available from: <https://unity.com/es>
- [12] Ijsselsteijn WA, Kort D, Poels YAW&. The Game Experience Questionnaire. Technische Universiteit Eindhoven. 2013
- [13] Atreya, Swati. "Investigation Of Non-Photorealistic Rendering Techniques For Expressive And Aesthetic Animation." Elementary Education Online 20.3 (2023): 4643-4643.
- [14] Milán Magdics, Catherine Sauvaget, Rubén J. García, and Mateu Sbert. 2013. Post-Processing NPR Effects for Video Games. In Proceedings of the 12th ACM SIGGRAPH International Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry(Hong Kong, Hong Kong) (VRCAI '13). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 147–156.
- [15] Nintendo. The Legend of Zelda: Tears of the Kingdom [Internet]. [cited 2023 October 13]; Available from: <https://www.nintendo.es/Juegos/Juegos-de-Nintendo-Switch/The-Legend-of-Zelda-Breath-of-the-Wild-1173609.html>
- [16] Tangoameworks. Hi-Fi RUSH [Internet]. [cited 2023 October 13]; Available from: https://store.steampowered.com/app/1817230/HiFi_RUSH/