

Diseño de un Producto Mínimo Viable de una Experiencia Web 3D

Interactiva como Estrategia de Storytelling y Engagement para la Marca

Absolut Vodka

Estudiante

Alexander Woodcock Salomón

Asesor

Deivid Enrique Triviño Lozada

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Ingeniería Multimedia

2025

Resumen

La representación digital de productos premium en plataformas de comercio electrónico tradicionales presenta limitaciones significativas en la transmisión de valores intangibles asociados al patrimonio cultural, la narrativa artística y la diferenciación estética de marcas consolidadas. Este proyecto de investigación aplicada aborda específicamente la problemática de comunicación digital en el sector de bebidas espirituosas de alta gama, mediante el diseño y desarrollo de un Producto Mínimo Viable (MVP) de experiencia web tridimensional interactiva para la marca Absolut Vodka. La investigación implementa frameworks de visualización Web 3D y herramientas de modelado tridimensional para abordar la “brecha de storytelling” presente en plataformas digitales convencionales. El objetivo principal consiste en diseñar una experiencia museográfica digital que permita la exploración inmersiva de productos de edición limitada, facilitando la interacción detallada con elementos estéticos y el descubrimiento progresivo de narrativas creativas subyacentes. La metodología empleada constituye un enfoque híbrido que integra principios de investigación aplicada con desarrollo ágil, incorporando técnicas de renderizado basado en principios físicos (PBR) para garantizar fidelidad visual fotorrealística. El marco metodológico comprende análisis del estado del arte, arquitectura de experiencia de usuario (UX/UI), prototipado funcional y validación con usuarios finales. Los resultados esperados contemplan la validación de la hipótesis de que las experiencias tridimensionales interactivas constituyen vectores efectivos para el fortalecimiento de la conexión emocional marca-consumidor y la mejora en la comprensión de atributos diferenciados del producto. **Palabras clave:** Visualización Web 3D, Storytelling

Digital Inmersivo, Producto Mínimo Viable, Experiencia Museográfica Digital, Renderizado Basado en Principios Físicos, Arquitectura de Experiencia de Usuario, Branding Premium Digital, Engagement Emocional.

Abstract

The digital representation of premium products on traditional e-commerce platforms presents significant limitations in transmitting intangible values associated with cultural heritage, artistic narrative, and aesthetic differentiation of established brands. This applied research project specifically addresses the digital communication challenges in the high-end spirits sector through the design and development of a Minimum Viable Product (MVP) for an interactive three-dimensional web experience for the Absolut Vodka brand. The research implements Web 3D visualization frameworks and three-dimensional modeling tools to address the "storytelling gap" in conventional digital platforms. The primary objective is to design a digital museographic experience that enables immersive exploration of limited-edition products, facilitating detailed interaction with aesthetic elements and progressive discovery of underlying creative narratives.

The methodology employed constitutes a hybrid approach that integrates principles of applied research with agile development, incorporating physically-based rendering (PBR) techniques to ensure photorealistic visual fidelity. The methodological framework comprises state-of-the-art analysis, user experience (UX/UI) architecture, functional prototyping, and end-user validation. The expected results contemplate the validation of the hypothesis that interactive three-dimensional experiences constitute effective vectors for strengthening the brand-consumer emotional connection and improving the comprehension of differentiated product attributes. **Key-**

words: Web 3D Visualization, Immersive Digital Storytelling, Minimum Viable Product, Digital Museographic Experience, Physically-Based Rendering, User Experience Architecture, Premium

Digital Branding, Emotional Engagement.

Tabla de Contenido

Resumen	2
Abstract	4
PARTE I: FUNDAMENTACIÓN	15
PARTE I: FUNDAMENTACIÓN	15
1 Información General del Proyecto	15
1. Información General del Proyecto	15
1.1 Integrantes de la Propuesta de Investigación	15
1.1 Integrantes de la Propuesta de Investigación	15
1.2 Datos Específicos del Proyecto	15
1.2 Datos Específicos del Proyecto	15
2 Planteamiento del Problema	17
2. Planteamiento del Problema	17
3 Justificación	19
3. Justificación	19
3.1 Dimensión Mercadológica y Comportamental del Consumidor	19
3.1 Dimensión Mercadológica	19

3.2 Coherencia con la Identidad Corporativa y Narrativa Transmedia	19
3.2 Coherencia con Identidad Corporativa	19
3.3 Ventaja Competitiva y Diferenciación Estratégica	19
3.3 Ventaja Competitiva	19
3.4 Pertinencia Académica y Formativa	20
3.4 Pertinencia Académica	20
4 Definición del Público Objetivo	21
4. Definición del Público Objetivo	21
4.1 Perfil Demográfico, Psicográfico y Tecnográfico	21
4.1 Perfil del Público Objetivo	21
4.2 Ficha de Persona Primaria: “El Entusiasta Cultural”	21
4.2 Ficha de Persona Primaria	21
5 Objetivos	23
5. Objetivos	23
5.1 Objetivo General	23
5.1 Objetivo General	23
5.2 Objetivos Específicos	23
5.2 Objetivos Específicos	23
6 Estado del Arte	25
6. Estado del Arte	25

6.1	Benchmarking de Experiencias Web3D en el Sector Premium	25
6.1	Benchmarking de Experiencias Web3D	25
6.2	Análisis Comparativo de Tecnologías 3D Web	25
6.2	Análisis Comparativo de Tecnologías 3D Web	25
6.3	Gap Analysis y Oportunidad de Mercado	27
6.3	Gap Analysis y Oportunidad de Mercado	27
7	Marco Conceptual y Teórico	28
7. Marco Conceptual y Teórico	28	
7.1	Marco Conceptual	28
7.1	Marco Conceptual	28
7.2	Marco Teórico	29
7.2	Marco Teórico	29
7.3	Aplicación de Teorías al Diseño del MVP	30
7.3	Aplicación de Teorías al Diseño del MVP	30
I	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MVP	31
PARTE II: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MVP	31	
8 Metodología de Desarrollo Aplicada	31	
8. Metodología de Desarrollo Aplicada	31	

9 Arquitectura y Rendimiento	32
9. Arquitectura y Rendimiento	32
9.1 Arquitectura de Progressive Enhancement y GPU Tier Detection	32
9.1 Progressive Enhancement	32
9.2 Modelo de Componentes y Flujo de Datos	32
9.2 Modelo de Componentes	32
9.3 Stack Tecnológico Justificado y Control de Versiones	33
9.3 Stack Tecnológico	33
9.4 Arquitectura de Sistema y Despliegue	34
9.4 Arquitectura y Despliegue	34
9.5 Accesibilidad (WCAG 2.1 AA)	34
9.5 Accesibilidad	34
10 Desafíos Técnicos Previstos y Soluciones	36
10. Desafíos Técnicos	36
II IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS	37
PARTE III: IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS	37
11 Cronograma y Recursos	37
11. Cronograma y Recursos	37

11.1 Cronograma Detallado	37
11.1 Cronograma Detallado	37
11.2 Presupuesto Detallado	37
11.2 Presupuesto Detallado	37
12 Desarrollo e Implementación del MVP	38
12. Desarrollo e Implementación del MVP	38
12.1 Sprint 1: Modelado 3D y Optimización (Semanas 9-12)	38
12.1 Sprint 1	38
12.2 Sprint 2: Galería Interactiva y Showcase (Semanas 13-15)	39
12.2 Sprint 2	39
12.3 Sprint 3: Coctelería e Integración (Semanas 16-18)	39
12.3 Sprint 3	39
12.4 Desafíos Técnicos y Soluciones	40
12.4 Desafíos Técnicos y Soluciones	40
13 Evaluación Empírica	41
13. Evaluación Empírica	41
13.1 Diseño Metodológico	41
13.1 Diseño Metodológico	41
13.2 Muestra y Reclutamiento	41
13.2 Muestra y Reclutamiento	41
13.3 Protocolo de Pruebas	41

13.3 Protocolo de Pruebas	41
13.4 Hipótesis de Validación	42
13.4 Hipótesis de Validación	42
14 Resultados y Análisis	43
14. Resultados y Análisis	43
14.1 Productos Esperados del Proyecto	43
14.1 Productos Esperados del Proyecto	43
15 Validación con Expertos	44
15. Validación con Expertos	44
16 Impacto y Escalabilidad	45
16. Impacto y Escalabilidad	45
17 Conclusiones y Recomendaciones	46
17. Conclusiones y Recomendaciones	46
APÉNDICES	47
APÉNDICES	47
Referencias Bibliográficas	47

Anexo A: Código Fuente Crítico	50
A.1 Configuración del ScrolltellingEngine (GSAP)	50
A.2 Material PBR de Vidrio en React Three Fiber	51
Anexo B: Instrumentos de Evaluación	52
B.1 Cuestionario System Usability Scale (SUS)	52
B.2 Guión de Entrevista Semiestructurada	52
Anexo C: Consentimientos Informados	54
Anexo D: Diagramas Técnicos Adicionales	55
Anexo E: Glosario y Acrónimos	56
E.1 Glosario	56
E.2 Acrónimos	57

Lista de Tablas

1	Matriz de Análisis Competitivo	28
2	Mapeo de Fundamentos Teóricos a Componentes Técnicos	30
3	Niveles de Calidad de Renderizado (Quality Scaling)	32
4	Stack Tecnológico Justificado y Control de Versiones	33
5	Cronograma Expandido con Sub-Tareas Técnicas	37
6	Presupuesto Actualizado (6 meses)	38
7	Matriz de Resultados/Productos Esperados	43

Lista de Figuras

1	Dashboard de Análisis del Ecosistema Web3D.	26
2	Análisis de Frecuencia de Tecnologías Web3D en Casos de Estudio.	27

PARTE I: FUNDAMENTACIÓN

Información General del Proyecto

Integrantes de la Propuesta de Investigación

Estudiante: Alexander Woodcock Salomón

C.C.: 1018474351

Programa Académico: Ingeniería Multimedia

Créditos Aprobados: 140 (92.11 %)

Correo: awoodcocks@unadvirtual.edu.co

Teléfono: 3054396581

Dirección: Santa Isabel de Armenia el Troje, Pasto, Nariño

Centro: ZCSUR - Zona Pasto

Asesor: Deivid Enrique Triviño Lozada

Datos Específicos del Proyecto

Duración del proyecto (meses): Seis (6)

Línea de Investigación de escuela: Ingeniería Multimedia, Desarrollo Web 3D y Experiencia de Usuario Interactiva

Escuela: Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI)

Descriptores palabras clave: Web 3D, Absolut Vodka, Storytelling Digital, Visualización de Productos, Experiencia de Usuario (UX), Renderizado Basado en la Física (PBR), Producto Mínimo Viable (MVP), Engagement Digital, Branding.

Planteamiento del Problema

La comercialización digital de productos premium, particularmente en el sector de bebidas espirituosas, enfrenta una disonancia fundamental: la incapacidad de las plataformas de e-commerce bidimensionales (2D) para transmitir el valor intangible y la narrativa de marca que justifican su posicionamiento en el mercado. Esta limitación, denominada la “brecha de experiencia digital” o “brecha de storytelling”, provoca una degradación del valor percibido, donde productos con una rica herencia cultural y artística, como Absolut Vodka, son reducidos a meras imágenes transaccionales. Esta deficiencia es crítica en un mercado donde estudios recientes indican que hasta el 90 % de los consumidores percibe que las experiencias digitales de las marcas de lujo son inferiores a las de sus contrapartes masivas.

En el caso de Absolut Vodka, esta problemática es especialmente severa. La marca ha construido su identidad durante décadas a través de colaboraciones artísticas icónicas y un diseño de botella distintivo, convirtiendo su envase en un lienzo para la creatividad. Las plataformas web convencionales fallan en capturar esta tridimensionalidad, la textura del vidrio, los detalles estéticos de las ediciones limitadas y, fundamentalmente, la historia detrás de cada pieza. Como resultado, se produce una desconexión entre la estrategia de branding de Absolut y su ejecución digital, arriesgando la pérdida de *engagement* con cohortes demográficas emergentes que demandan autenticidad y experiencias inmersivas. El producto enfrenta el riesgo de ser percibido como una mercancía *commoditizada*, desprovisto de la dimensión narrativa y experiencial que fundamenta y justifica su posicionamiento en el segmento premium.

Este proyecto aborda directamente dicha brecha, postulando que el desarrollo de una ex-

periencia web tridimensional (Web 3D) y de realidad extendida (WebXR, planeada para futuras fases) puede proporcionar el “estímulo ambiental enriquecido” necesario para generar una respuesta emocional y cognitiva positiva en el usuario, cerrando así la disonancia entre la estrategia de branding y su ejecución digital. Por lo tanto, la pregunta de investigación explícita que guía este trabajo es:

¿Cómo puede el diseño y desarrollo de una experiencia Web 3D interactiva, como Producto Mínimo Viable (MVP), cerrar la brecha de storytelling digital para una marca premium como Absolut Vodka, y a su vez, servir como una demostración de competencias avanzadas en Ingeniería Multimedia?

Justificación

Dimensión Mercadológica y Comportamental del Consumidor

El proyecto se alinea con la tendencia global de “premiumización”, donde las nuevas generaciones de consumidores (Millennials y Gen Z) priorizan la calidad, la autenticidad y el componente experiencial de la marca por encima del volumen de consumo. El vodka, en particular, enfrenta un estancamiento en mercados clave, lo que convierte la experiencia 3D en una “intervención estratégica crítica” para revitalizar el interés y diferenciar a Absolut en un mercado saturado.

Coherencia con la Identidad Corporativa y Narrativa Transmedia

Absolut Vodka ha funcionado históricamente como un nexo entre el arte y el producto. Este proyecto no es una simple herramienta de marketing, sino la evolución natural de su estrategia de storytelling hacia una plataforma transmedia. Se apoya en la teoría de que las marcas de lujo construyen y median sus narrativas a través de plataformas digitales. La experiencia Web3D propuesta transformará el sitio web de un catálogo a una “galería virtual”, donde cada producto es una exhibición, reforzando su patrimonio artístico en un formato contemporáneo.

Ventaja Competitiva y Diferenciación Estratégica

Un análisis competitivo del ecosistema de lujo revela una “zona blanca” (*whitespace*). Aunque competidores como Grey Goose o Belvedere utilizan marketing experiencial físico o

catálogos digitales estáticos, no han implementado una plataforma centralizada que integre la funcionalidad museográfica, la inspección de producto y la coctelería gamificada en WebGL. La implementación de una experiencia Web3D interactiva constituye una clara ventaja competitiva, posicionando a Absolut como un líder en innovación digital y reforzando su conexión con segmentos demográficos que valorizan la creatividad.

Pertinencia Académica y Formativa

Esta investigación representa una aplicación avanzada de las competencias del programa de Ingeniería Multimedia. El proyecto exige y demuestra la integración sinérgica de competencias avanzadas en modelado y optimización 3D (Blender), desarrollo *frontend* interactivo (WebGL, Three.js, React) y diseño de experiencia de usuario (UX/UI) para entornos inmersivos, facilitando la resolución de problemáticas reales de construcción de marca corporativa.

Definición del PÚblico Objetivo

Perfil Demográfico, Psicográfico y Tecnográfico

El público principal son los Millennials tardíos (30-40 años) y la Generación Z (21-29 años) con poder adquisitivo medio-alto a alto, residentes en centros urbanos cosmopolitas. Se identifican como “exploradores culturales”, valorando el arte, el diseño y la autoexpresión. Son receptivos a experiencias inmersivas y participativas, lo que justifica la implementación de la gamificación y la interactividad 3D. Como nativos digitales, utilizan navegadores modernos en dispositivos de escritorio y móviles, y están dispuestos a pasar 15 o más minutos explorando contenido si están genuinamente enganchados.

Ficha de Persona Primaria: “El Entusiasta Cultural”

- **Demografía:** 30-40 años, profesional urbano, poder adquisitivo medio-alto.
- **Psicografía:** Valora el arte, el diseño, la autenticidad y las experiencias premium; adoptante temprano de innovación digital.
- **Tecnografía:** Usuario de smartphone de gama alta y navegadores modernos; se siente cómodo con experiencias interactivas.
- **Patrones de Comportamiento:** Pasa más de 15 minutos explorando contenido de marca cuando está genuinamente interesado; comparte experiencias premium en redes sociales.
- **Puntos de Dolor (Pain Points):** Las experiencias digitales 2D actuales no logran transmitir

la calidad, la artesanía y la resonancia emocional de los productos premium.

- **Escenario de Éxito:** Explora una botella de edición limitada durante más de 5 minutos, lee al menos 3 *hotspots* informativos y comparte la experiencia.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar y desarrollar un Producto Mínimo Viable (MVP) fundamentado en una experiencia web tridimensional interactiva, optimizada para la representación digital de productos premium, con el propósito de validar empíricamente su eficacia en la mejora de la presentación corporativa, la comprensión de atributos diferenciados del producto y el incremento de indicadores de *engagement* del consumidor en ecosistemas de comercio electrónico especializados.

Objetivos Específicos

1. Realizar un análisis comparativo sistemático de *frameworks* de desarrollo Web 3D y metodologías de optimización de *assets* tridimensionales para determinar la configuración tecnológica óptima que facilite el prototipado ágil y eficiente del MVP.
2. Conceptualizar y diseñar la arquitectura informacional de la experiencia web tridimensional, incluyendo la interfaz de usuario (UI) y los patrones de interacción humano-computador, priorizando principios de usabilidad, minimización de carga cognitiva y maximización del impacto visual.
3. Implementar el prototipo funcional del MVP mediante la integración sinérgica de modelos 3D optimizados (Galería de Arte Virtual, Tienda de Ediciones Especiales) y algoritmos de interacción (Experiencia de Coctelería Interactiva), utilizando las tecnologías seleccionadas.

4. Evaluar la efectividad del *engagement* y la comunicación mediante protocolos de pruebas de usabilidad con una muestra de 8-12 usuarios finales, midiendo tiempo de interacción, patrones de navegación y respuesta emocional para el refinamiento iterativo del MVP.

Estado del Arte

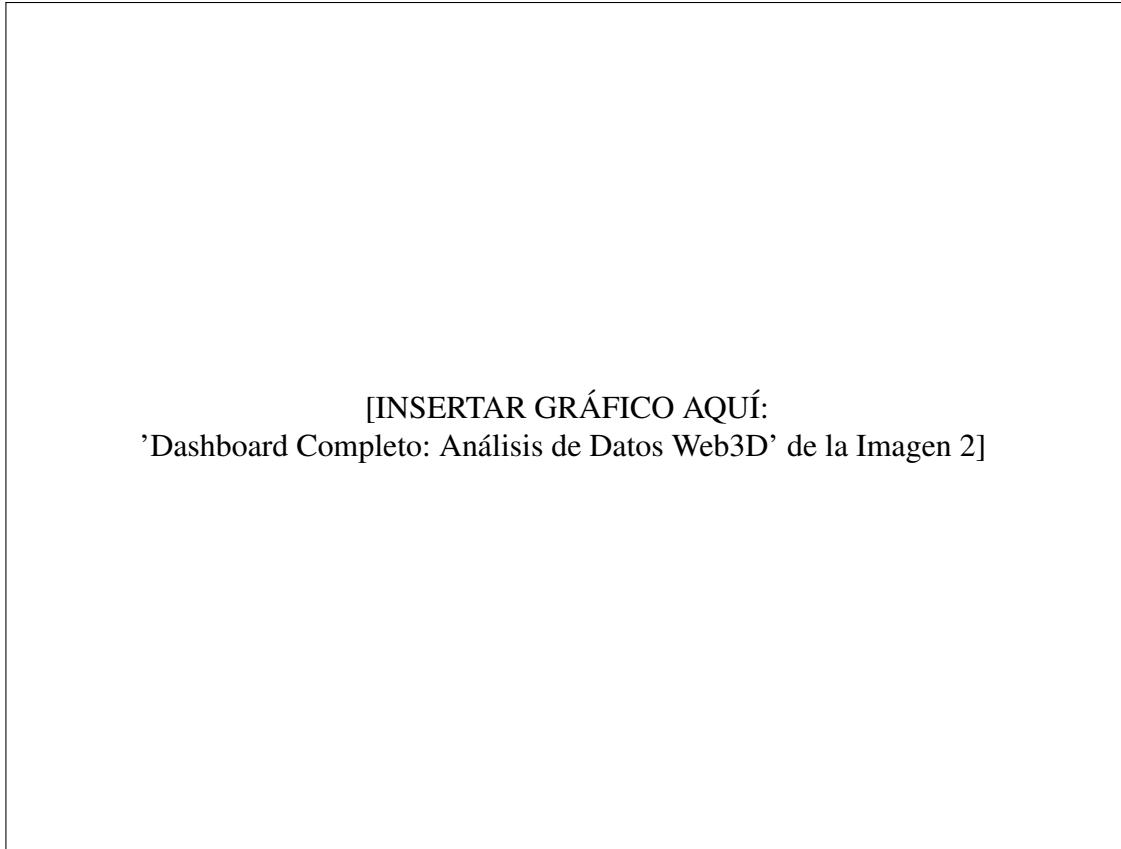
Benchmarking de Experiencias Web3D en el Sector Premium

El análisis del sector de bebidas espirituosas de lujo revela que, aunque la digitalización inmersiva es un vector estratégico, su implementación es incipiente. Casos notables incluyen a **Hennessy**, que ha utilizado efectos WebGL de cáusticos para fusionar su herencia con tecnología de vanguardia; **Hendrick's Gin**, que ha empleado visualización 3D fotorrealista para su concepto de *Gin Palace*; y **Bacardi**, que ha explorado la Realidad Virtual (VR) 360°. Sin embargo, estas iniciativas son fragmentadas. Ningún competidor ha logrado una integración centralizada y accesible vía WebGL de los tres pilares funcionales que propone Absolut Canvas: la galería museográfica virtual, la inspección detallada del producto y la coctelería gamificada. Esta “zona blanca” o *gap* de mercado confiere al proyecto una clara ventaja competitiva, posicionando a Absolut como un pionero en innovación digital dentro de su categoría.

Análisis Comparativo de Tecnologías 3D Web

La selección de la pila tecnológica es un punto de inflexión. Se evaluaron tres *frameworks* principales:

- **Three.js (r180):** Es un motor de renderizado ligero (168.4 kB gzipped) que ofrece un control granular excepcional sobre el renderizado y se integra de forma nativa y eficiente con *frameworks* como React a través de *wrappers* como React Three Fiber (R3F).
- **Babylon.js (v8.1.1):** Es un motor 3D más completo y robusto (1.4 MB gzipped), con sis-



[INSERTAR GRÁFICO AQUÍ:
'Dashboard Completo: Análisis de Datos Web3D' de la Imagen 2]

Figura 1: Dashboard de Análisis del Ecosistema Web3D.

temas integrados para físicas, animaciones y GUI. Aunque potente, su mayor tamaño y su enfoque más holístico pueden ser menos ideales para un MVP que requiere optimizaciones de bajo nivel.

- **Spline:** Es una herramienta de diseño 3D basada en web que exporta a formatos web. Aunque es excelente para prototipos rápidos y escenas simples, se descarta para el MVP final debido a su menor control sobre las optimizaciones críticas de WebGL y PBR, cruciales para el rendimiento y la fidelidad visual requeridas.

Decisión y Justificación: Se elige **Three.js r180** con **React Three Fiber (R3F) v9.3.0**. Esta combinación ofrece el equilibrio perfecto entre control, rendimiento y un ecosistema de desarrollo moderno. R3F permite una arquitectura declarativa basada en componentes de React, reduce

drásticamente el código repetitivo (*boilerplate*), y se integra fluidamente con el ecosistema de React (incluyendo React 18+ y 19), así como con librerías de animación como GSAP, lo que es fundamental para la funcionalidad de *scrollytelling*.

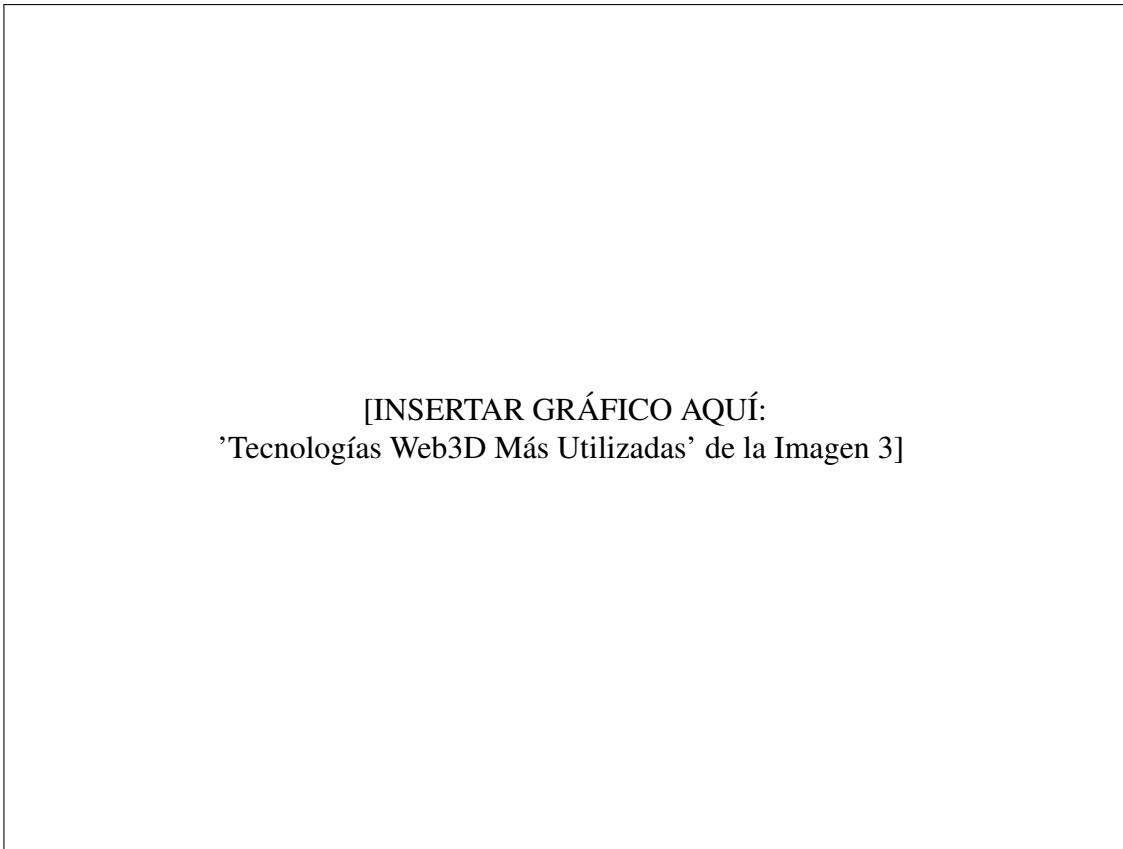


Figura 2: Análisis de Frecuencia de Tecnologías Web3D en Casos de Estudio.

Gap Analysis y Oportunidad de Mercado

El análisis comparativo revela una “**zona blanca**” (whitespace) en el mercado de experiencias digitales para bebidas premium. **Ventaja Competitiva Diferencial:** Absolut Canvas será la primera plataforma que integra los tres pilares (museográfico, inspección, gamificación) en una experiencia WebGL unificada y accesible sin instalaciones.

Tabla 1
Matriz de Análisis Competitivo

Competidor	3D WebGL	Galería	Coctelería	Integración
Hennessy				Fragmentada
Hendrick's Gin				Parcial
Grey Goose				No aplica
Belvedere				No aplica
Absolut Canvas (Propuesto)				Completa

Marco Conceptual y Teórico

Marco Conceptual

Web 3D Paradigma tecnológico que permite la generación y visualización de gráficos tridimensionales interactivos mediante navegadores web a través de la API WebGL.

Renderizado Basado en Principios Físicos (PBR) Metodología de renderizado que simula el comportamiento matemático de la luz (Modelo de Reflectancia Bidireccional - BRDF), indispensable para recrear con precisión materiales complejos como el vidrio y los líquidos.

Scrollytelling 3D Técnica narrativa que sincroniza el scroll vertical del usuario con la animación de una cámara 3D, transformando la navegación pasiva en una secuencia cinematográfica interactiva.

WebXR (Web Extended Reality) Estándar web para el desarrollo de experiencias de realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR) accesibles desde navegadores, contemplado para futuras fases del proyecto.

Storytelling Digital Inmersivo Metodología que utiliza tecnologías interactivas y multimedia

para crear experiencias envolventes donde el usuario participa activamente en la narrativa.

Engagement Digital Métrica multidimensional que cuantifica el nivel de interacción, implicación cognitiva e inversión emocional de un usuario con una plataforma digital.

Marco Teórico

- **Modelo Estímulo-Organismo-Respuesta (S-O-R):** Proporciona el marco para la validación empírica. La experiencia Web 3D y el fotorrealismo PBR (Estímulo) buscan generar procesos cognitivos y emocionales positivos como la sensación de Presencia (Organismo), que a su vez se traducirán en respuestas medibles como el *Engagement* (Respuesta).
- **Teoría de la Presencia Mediada:** Fundamental para el diseño, busca maximizar la sensación de “estar presente” con el producto. Se logra mediante la manipulación intuitiva (OrbitControls) y la alta fidelidad visual, estableciendo una correlación positiva entre la sensación de presencia y la efectividad de la comunicación de marca.
- **Diseño Emocional de Norman (2004):** Se aplica en tres niveles: *visceral* (impacto estético del fotorrealismo PBR), *conductual* (interacción fluida a 60fps) y *reflexivo* (conexión con el patrimonio artístico de Absolut a través del storytelling).
- **Teoría de la Cognición Distribuida (Hutchins, 1995):** Crucial para el diseño de la interacción. Al permitir al usuario manipular directamente el modelo 3D, la interfaz funciona como una “herramienta cognitiva” que externaliza la carga mental, mejorando la comprensión y retención de la narrativa.

- **Narrativa Transmedia y Construcción de Marca:** Establece que las marcas de lujo contemporáneas construyen sus narrativas a través de múltiples plataformas digitales. Este proyecto aplica este principio al integrar galería, comercio y entretenimiento en una narrativa unificada.
- **Teoría de Carga Cognitiva (Sweller, 1988):** Guía la minimización del esfuerzo mental requerido para la navegación interfacial, permitiendo que los usuarios concentren sus recursos atencionales en procesos exploratorios del producto y sus narrativas asociadas.

Aplicación de Teorías al Diseño del MVP

Tabla 2

Mapeo de Fundamentos Teóricos a Componentes Técnicos

Marco Teórico	Componente MVP	Aplicación Práctica
Modelo S-O-R	F-002 Interactive Gallery	PBR fotorrealista (Estímulo) → Sensación de presencia (Organismo) → Engagement medible (Respuesta)
Teoría de Presencia Mediada	OrbitControls + Ray-casting	Manipulación intuitiva maximiza la sensación de co-presencia con el producto virtual
Diseño Emocional (Norman)	Sistema completo	Visceral: PBR, Conductual: 60fps, Reflexivo: Storytelling artístico
Cognición Distribuida	Interfaz 3D manipulable	Modelo 3D como herramienta cognitiva que externaliza la carga mental
Narrativa Transmedia	Integración F-001 a F-004	Galería+Tienda+Coctelería = Ecosistema narrativo unificado

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MVP

Metodología de Desarrollo Aplicada

La metodología empleada constituye un enfoque híbrido que integra principios de investigación aplicada con desarrollo ágil, estructurado en cinco fases secuenciales. Este proyecto adopta una **Metodología Híbrida** que integra la Investigación Aplicada (rigor académico en las Fases 1, 2, 4 y 5) con el **Desarrollo Ágil de Software** (flexibilidad y desarrollo incremental en la Fase 3). La Fase 3 se estructura en Sprints de dos semanas, priorizando el software funcional sobre la documentación excesiva y fomentando la integración continua (CI/CD). Las prácticas ágiles esenciales incluyen la definición de User Stories, la priorización del backlog y el desarrollo iterativo con entregas frecuentes.

Arquitectura y Rendimiento

Arquitectura de Progressive Enhancement y GPU Tier Detection

El rendimiento y la compatibilidad en un amplio rango de dispositivos son fundamentales, lo que se logra mediante una Arquitectura de Mejora Progresiva. El sistema utiliza la detección de capacidades de la GPU (mediante bibliotecas como detect-gpu) para adaptar dinámicamente la calidad de renderizado al hardware del usuario. El sistema define tres niveles de calidad (tiers) para el renderizado (Quality Scaling):

Tabla 3

Niveles de Calidad de Renderizado (Quality Scaling)

Nivel (Tier)	Especificación de Renderizado	Optimización Clave
Alto (High-Tier)	Full PBR, sombras en tiempo real	Resolución de sombra, Post-procesamiento (B
Medio (Mid-Tier)	Sombreado Phong, sombras de contacto	Resolución de sombra, Tone Mapping
Bajo (Low-Tier)	Degrado Gracioso (Graceful Degradation)	Carrusel 2D con transformaciones CSS 3D

Modelo de Componentes y Flujo de Datos

El sistema se basa en la Arquitectura Orientada a Componentes de React 18.3+ y Three.js, unidas por R3F. Para la gestión del estado, se utiliza Zustand 5.0.8, una librería ligera (1.2KB gziped) que utiliza la API nativa de React `useSyncExternalStore`, asegurando compatibilidad con las Concurrent Features de React 18+ y 19.

La optimización del rendimiento se impulsa mediante el **Renderizado On-Demand**. En lugar de ejecutar el bucle de renderizado a FPS continuamente, se establece el prop `frameLoop="demand"`

en el <Canvas> de R3F. Esto hace que la escena se renderice solo cuando detecta un cambio de propiedades o cuando se llama manualmente a la función `invalidate()`.

Stack Tecnológico Justificado y Control de Versiones

Tabla 4

Stack Tecnológico Justificado y Control de Versiones

Componente	Tecnología	Versión	Justificación de Versión
			Específica
Rendering Core	Three.js	r180	Estándar de la industria, PBR nativo, WebGL 2.0.
Integración React	@react-three/fiber	v9.3.0	Compatible con React 19, gestión automática de memoria.
Animación	GSAP + ScrollTrigger	v3.13.0	Rendimiento optimizado para 60fps, sincronización 1:1 con scroll.
Gestión de Estado	Zustand	v5.0.8	Uso de <code>useSyncExternalStore</code> nativo (React 18+), tamaño de paquete mínimo.

Sistema de Build	Vite	7.1.9 (Latest)	Más rápido que CRA, HMR
instantáneo para 3D.			

Arquitectura de Sistema y Despliegue

El sistema opera bajo una **Arquitectura Frontend-Only (Zero-Backend)**.

- **Despliegue y CDN:** El despliegue se realiza mediante Vercel Edge Network para la entrega global de activos estáticos. Se utiliza Cloudflare R2 como fallback.
- **Asset Pipeline (Optimización):** Los modelos 3D utilizan el formato GLB 2.0 con compresión Draco. Las texturas utilizan el formato KTX2 con compresión Basis Universal.

Accesibilidad (WCAG 2.1 AA)

El cumplimiento de los estándares WCAG 2.1 Nivel AA es un requisito crucial.

- **Principio 2.1 (Teclado Accesible):** Toda la funcionalidad debe ser operable completamente mediante teclado.
- **Principio 2.3.3 (Animación y Movimiento):** El motor de Scrollytelling debe respetar la preferencia de usuario prefers-reduced-motion.
- **Soporte a Lectores de Pantalla:** Se debe utilizar ARIA para describir la escena 3D y las interacciones.

- **Contraste:** Se debe asegurar un ratio de contraste de 4.5:1 para el texto y 3:1 para los indicadores visuales.

Desafíos Técnicos Previstos y Soluciones

- **Riesgo 1: Desbordamiento de Memoria GPU (GPU Memory Overflow):** El riesgo de agotar la VRAM es alto, especialmente en dispositivos móviles.
 - **Mitigación:** Implementar el *disposal* explícito de los recursos de WebGL (`gl.deleteBuffer()`, `material.dispose()`) inmediatamente después de que un objeto 3D deja de ser visible.
- **Riesgo 2: Pérdida del Contexto WebGL (WebGL Context Loss):** Los navegadores pueden perder el contexto WebGL debido a la alta presión de memoria.
 - **Mitigación:** Implementar un Procedimiento de Recuperación del Contexto que escucha el evento `webglcontextlost` y reintenta la inicialización con *exponential backoff*.
- **Riesgo 3: XSS y Manipulación de Assets:** Existe un riesgo de inyección de scripts si el contenido de los hotspots es dinámico.
 - **Mitigación:** Implementación de encabezados Content Security Policy (CSP) estrictos para *whitelisting* de fuentes y sanitización de cualquier contenido que se cargue dinámicamente.

IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

Cronograma y Recursos

Cronograma Detallado

Tabla 5

Cronograma Expandido con Sub-Tareas Técnicas

Fase	Semanas	Sprint	Entregables Clave
Fase 1	1-4	N/A	Documento de arquitectura, selección de stack
Fase 2	5-8	N/A	Wireframes, prototipos Figma, user flows
Fase 3	9-12	Sprint 1	Modelos 3D optimizados (Blender), Configuración CI/CD
	13-15	Sprint 2	Galería F-002 + Showcase F-003 implementados
	16-18	Sprint 3	Coctelería F-004 + Integración final de features
Fase 4	19-22	N/A	Informe de pruebas de usabilidad y análisis de métricas
Fase 5	23-24	N/A	Documento final de grado, preparación de sustentación

Presupuesto Detallado

Tabla 6*Presupuesto Actualizado (6 meses)*

Recurso	Costo (COP)	Justificación
Hosting (Vercel Pro)	\$200,000	Despliegue MVP con analytics incluido (estimado).
Dominio (.com)	\$144,000	Registro anual + DNS Cloudflare (estimado).
Incentivos usuarios	\$240,000	12 usuarios × \$20,000 c/u.
Software adicional	\$0	Blender, VS Code, Node.js (gratuitos).
Hardware	\$0	PC existente (cumple requisitos).
Imprevistos (15 %)	\$87,600	Buffer para gastos no previstos.
TOTAL	\$671,600	

Desarrollo e Implementación del MVP

Esta sección documenta el proceso técnico de la Fase 3, aplicando la arquitectura definida en la Parte II.

Sprint 1: Modelado 3D y Optimización (Semanas 9-12)

■ **Actividades:**

- Modelado de 3 botellas Absolut en Blender (Elyx, Lime, Vanilia).
- Aplicación de materiales PBR (vidrio IOR 1.5, líquidos IOR 1.33).
- Exportación a GLB con compresión Draco (<200KB por modelo).
- Generación de LOD automático (High 50k, Mid 25k, Low 10k polys).

■ **Entregables:** Repositorio de assets optimizados en GitHub.

■ **Evidencias:** [INSERTAR FIGURA AQUÍ: Collage de 4 imágenes del proceso en Blender]

Sprint 2: Galería Interactiva y Showcase (Semanas 13-15)

■ Actividades:

- Implementación de F-002 (Interactive Art Gallery) con OrbitControls.
- Desarrollo de sistema de raycasting para detección de hotspots.
- Implementación de F-003 (Product Showcase) con iluminación PBR avanzada.
- Integración de sistema de modales para storytelling de hotspots.

■ **Entregables:** Componentes React funcionales para la galería y el showcase.

■ **Evidencias:** [INSERTAR FIGURA AQUÍ: Collage de screenshots de la galería funcionalmente]

Sprint 3: Coctelería e Integración (Semanas 16-18)

■ Actividades:

- Implementación de F-004 (Horizontal Cocktail Builder) con scroll horizontal de GSAP.
- Desarrollo de modelos 3D de ingredientes y cristalería.
- Creación de custom shader para simulación de líquidos.
- Integración de F-001 (Scrollytelling Engine) como navegación principal.

■ **Entregables:** MVP completamente funcional e integrado.

■ **Evidencias:** [INSERTAR FIGURA AQUÍ: Screenshots del constructor de cócteles]

Desafíos Técnicos y Soluciones

[Sección a completar durante la ejecución con una tabla detallando los problemas técnicos encontrados en cada sprint y las soluciones que se implementaron.]

Evaluación Empírica

Diseño Metodológico

Se implementará un **diseño mixto** que combina métricas cuantitativas (recolectadas automáticamente) y cualitativas (recolectadas en sesiones con usuarios) para validar las hipótesis del proyecto.

Muestra y Reclutamiento

Tamaño de muestra: 8-12 participantes.

Criterios de inclusión: Edad 25-40 años, consumidores de bebidas premium, familiaridad con navegadores modernos, acceso a dispositivo desktop o tablet.

Método de reclutamiento: Convocatoria en redes sociales con incentivo de \$20,000 COP por participante.

Protocolo de Pruebas

Cada sesión durará aproximadamente 45 minutos y seguirá los siguientes pasos:

1. **Briefing (5 min):** Explicación del estudio y firma de consentimiento informado.
2. **Exploración libre (10 min):** El usuario navega sin instrucciones mientras verbaliza sus pensamientos (think-aloud).
3. **Tareas dirigidas (10 min):**

- Tarea 1: Encontrar y rotar la botella Absolut Elyx 360°.
- Tarea 2: Leer 3 hotspots de la galería.
- Tarea 3: Completar una receta de cóctel.

4. **Cuestionario SUS (5 min):** Aplicación del System Usability Scale.
5. **Entrevista semiestructurada (15 min):** Preguntas abiertas sobre la experiencia percibida.

Hipótesis de Validación

- **H1:** La experiencia 3D genera mayor engagement que las plataformas 2D (tiempo de sesión ≥ 5 min, scroll completion $\geq 70\%$).
- **H2:** La interactividad mejora la comprensión de los atributos del producto (SUS score ≥ 80 , feedback cualitativo positivo).
- **H3:** El fotorrealismo PBR fortalece la conexión emocional con la marca (60 % de los usuarios reportan una “experiencia premium”).

Resultados y Análisis

[Esta sección se completará después de la Fase 4. Presentará los datos cuantitativos y los hallazgos cualitativos de manera estructurada, validando o refutando las hipótesis planteadas.]

Productos Esperados del Proyecto

Tabla 7

Matriz de Resultados/Productos Esperados

Resultado/Producto	Indicador de Éxito	Beneficiario
MVP funcional de Absolut Canvas	URL pública con 3+ interacciones clave (rotar, zoom, hotspots)	Marca, estudiante, usuarios
Set de modelos 3D optimizados	Archivos GLB <200KB, tiempos de carga <5s	Prototipo web, portfolio estudiante
Documento de trabajo de grado	Cumplimiento de normas APA 7 UNAD, <150 págs.	Estudiante, UNAD
Informe de evaluación de usabilidad	8-12 usuarios, 3+ hallazgos clave de UX	Estudiante, potencial marca
Publicación académica (potencial)	Artículo para conferencia Web3D 2026	Comunidad académica, UNAD

Validación con Expertos

[Esta sección se completará después de la implementación. Se detallará el proceso y los resultados de la validación del MVP por parte de 2-3 expertos en UX/UI (evaluación heurística), 1 experto en branding (validación narrativa) y 1 ingeniero multimedia senior (revisión de código). Se incluirá un resumen de su feedback y las acciones tomadas.]

Impacto y Escalabilidad

[Esta sección se completará al final. Se analizará el impacto social y ético del proyecto, incluyendo el cumplimiento de accesibilidad (WCAG 2.1 AA), la huella de carbono del MVP y la potencial replicabilidad del framework para PYMES.]

Conclusiones y Recomendaciones

[Esta sección se desarrollará al final del proyecto. Sintetizará los hallazgos, validará el cumplimiento de los objetivos, discutirá las contribuciones al campo de la Ingeniería Multi-media, reconocerá las limitaciones del MVP y propondrá líneas de trabajo futuro basadas en el roadmap (Fases 2-4).]

APÉNDICES

Referencias Bibliográficas

Daly, L., & Brutzman, D. (2007). X3D: Extensible 3D Graphics Standard [Standards in a Nutshell].

IEEE Signal Processing Magazine, 24(6), 130–135. <https://doi.org/10.1109/MSP.2007.905889>

Erensoy, A., Mathrani, A., Schnack, A., Elms, J., & Baghaei, N. (2024). Consumer behavior in immersive virtual reality retail environments: A systematic literature review using the stimuli - organisms - responses (S - O - r) model. *Journal of Consumer Behaviour*, 23(6), 2781-2811. <https://doi.org/10.1002/cb.2374>

Guo, X., & Mogra, I. (2022). Using Web 3D and WebXR Game to Enhance Engagement in Primary School Learning. *2022 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct57072.2022.00019>

Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. MIT Press.

Jernigan, D., & Ross, C. S. (2020). The alcohol marketing landscape: alcohol industry size, structure, strategies, and public health responses. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*,

81(Supplement 19), 13-25. <https://doi.org/10.15288/jads.2020.s19>.

13

Macario, G. (2024). *WebXR, A-Frame and Networked-Aframe as a Basis for an Open Metaverse: A Conceptual Architecture*. arXiv preprint arXiv:2404.05317. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.05317>

Magalhães, L. G., & Posada, J. (Eds.). (2024). *Proceedings of the 29th International ACM Conference on 3D Web Technology (Web3D '24)*. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3665318>

Norman, D. A. (2004). *Emotional design: Why we love (or hate) everyday things*. Basic Books.

Rodríguez, F. C., Dal Peraro, M., & Abriata, L. A. (2021). Democratizing interactive, immersive experiences for science education with WebXR. *Nature Computational Science*, 1(10), 631–632. <https://doi.org/10.1038/s43588-021-00142-8>

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Thach, E. C., & Olsen, J. E. (2006). Market segment analysis to target young adult wine drinkers. *Agribusiness: An International Journal*, 22(3), 307-322. <https://doi.org/10.1002/agr.20088>

von Wachenfeldt, P. (2021). The mediation of luxury brands in digital storytelling. *Fashion Theory*, 25(3), 355-378. <https://doi.org/10.1080/1362704X.2019.1599256>

Web3D Consortium. (2025). *Recommended Standards*. Recuperado de <https://www.web3d.org/standards>

Wu, J. F., et al. (2025). The effectiveness of immersive media in promoting consumer products.

Computers in Human Behavior, 152, 108102. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2025.108102>

Yu, G., Liu, C., Fang, T., Jia, J., Lin, E., He, Y., Fu, S., Wang, L., Wei, L., & Huang, Q. (2023). A survey of real-time rendering on Web3D application. *Virtual Reality Intelligent Hardware*, 5(5), 390-394. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2022.04.002>

Anexo A: Código Fuente Crítico

A.1 Configuración del ScrolltellingEngine (GSAP)

```
1 import { gsap } from 'gsap';
2 import { ScrollTrigger } from 'gsap/ScrollTrigger';
3
4 gsap.registerPlugin(ScrollTrigger);
5
6 const createScrollytellingTimeline = (sceneConfig) => {
7   const tl = gsap.timeline({
8     scrollTrigger: {
9       trigger: sceneConfig.container,
10      start: "top top",
11      end: "bottom bottom",
12      scrub: 1, // 1:1 scroll sync
13      pin: true,
14      anticipatePin: 1,
15      onUpdate: (self) => {
16        updateCameraPosition(self.progress);
17        updateUIState(self.progress);
18      }
19    }
20  });
}
```

```
21   return t1;  
22 };
```

Listing 1: gsap-scrollytelling-config.jsx

A.2 Material PBR de Vidrio en React Three Fiber

```
1 <mesh geometry={bottleGeometry}>  
2   <meshPhysicalMaterial  
3     transmission={1.0}  
4     thickness={0.5}  
5     roughness={0.1}  
6     ior={1.5}  
7     envMapIntensity={1.0}  
8     clearcoat={1.0}  
9     clearcoatRoughness={0.1}  
10  />  
11 </mesh>
```

Listing 2: pbr-glass-material.jsx

Anexo B: Instrumentos de Evaluación

B.1 Cuestionario System Usability Scale (SUS)

Por favor, califique las siguientes afirmaciones de 1 (Totalmente en desacuerdo) a 5 (Totalmente de acuerdo):

1. Creo que me gustaría usar este sistema frecuentemente.
2. Encontré el sistema innecesariamente complejo.
3. Pensé que el sistema era fácil de usar.
4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para usar este sistema.
5. Encontré que las funciones del sistema estaban bien integradas.
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema.
7. Imagino que la mayoría de las personas aprenderían a usar este sistema rápidamente.
8. Encontré el sistema muy incómodo de usar.
9. Me sentí muy confiado usando el sistema.
10. Necesité aprender muchas cosas antes de poder usar este sistema.

B.2 Guión de Entrevista Semiestructurada

Bloque 1: Impresión General (3 min)

- ¿Cuál fue tu primera impresión al entrar a la experiencia?
- ¿Qué te gustó más? ¿Qué te gustó menos?

Bloque 2: Comprensión del Producto (3 min)

- Después de interactuar con las botellas, ¿sientes que comprendes mejor los valores de la marca Absolut?
- ¿La experiencia 3D te ayudó a apreciar detalles que no verías en fotos normales?

Anexo C: Consentimientos Informados

[Espacio para el formato de consentimiento informado que firmarán los participantes.]

Anexo D: Diagramas Técnicos Adicionales

[Espacio para diagramas complementarios.]

Anexo E: Glosario y Acrónimos

Glosario

3D Scrolltelling Una técnica narrativa que combina animaciones controladas por scroll con escenas tridimensionales para crear experiencias de storytelling inmersivas donde los usuarios controlan el progreso de la historia.

ACESFilmic Tone Mapping Una técnica de gradación de color que simula la respuesta de la película fotográfica, proporcionando una reproducción de color cinematográfica y previniendo reflejos sobreexpuestos en escenas renderizadas en 3D.

Asset Pipeline El sistema automatizado para procesar, optimizar y entregar modelos 3D, texturas y otros activos multimedia desde los archivos fuente a formatos listos para el navegador.

Client-Side Rendering (CSR) Una arquitectura de aplicación web donde el navegador descarga código JavaScript que genera la interfaz de usuario dinámicamente.

Draco Compression Un algoritmo de código abierto desarrollado por Google para comprimir mallas geométricas 3D y nubes de puntos, reduciendo significativamente el tamaño de los archivos.

Physically-Based Rendering (PBR) Un enfoque de renderizado 3D que simula el comportamiento físico de la luz para crear materiales e iluminación más realistas.

Acrónimos

API Application Programming Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones)

CDN Content Delivery Network (Red de Entrega de Contenido)

CI/CD Continuous Integration/Continuous Deployment (Integración Continua/Despliegue Continuo)

CLS Cumulative Layout Shift (Cambio de Diseño Acumulativo)

FCP First Contentful Paint (Primera Pintura de Contenido)

GLB GL Transmission Format Binary

GPU Graphics Processing Unit (Unidad de Procesamiento Gráfico)

GSAP GreenSock Animation Platform

LCP Largest Contentful Paint (Pintura de Contenido Más Grande)

LOD Level of Detail (Nivel de Detalle)

MVP Minimum Viable Product (Producto Mínimo Viable)

PBR Physically-Based Rendering (Renderizado Basado en Físicas)

SPA Single Page Application (Aplicación de Página Única)

WCAG Web Content Accessibility Guidelines (Pautas de Accesibilidad al Contenido Web)

WebGL Web Graphics Library (Biblioteca de Gráficos Web)