



Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Informática

FERIA ARTESANAL VIRTUAL 3D 2.0

Por

Claudio Ignacio Vásquez Ballesta

Trabajo realizado para optar al Título de
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA

Prof. Guía: Ana Aguilera Faraco

Prof. Co-Referente: Jorge Pérez Medina

Abril 2024

Resumen

Las ferias artesanales son espacios donde los artesanos pueden exhibir sus piezas hechas a mano. Existen diversos factores externos que pueden interrumpir su desarrollo normal, como los movimientos sociales, el clima y la pandemia por el COVID-19. Es por ello que se han desarrollado múltiples alternativas, como tiendas virtuales o páginas en redes sociales donde los artesanos pueden promocionar sus productos. Sin embargo, estas opciones difieren de una feria artesanal física, ya que los usuarios no pueden experimentar la interacción directa con las piezas artesanales. Es en este punto donde los entornos virtuales cobran protagonismo, al brindar a los usuarios la oportunidad de explorar la feria como si estuvieran presentes físicamente. Mediante la tecnología 3D, se crea un entorno inmersivo que permite a los usuarios disfrutar de una experiencia cercana y realista al interactuar con las piezas artesanales desde diferentes ángulos y perspectivas. Como respuesta a esta problemática, Danixa Hills, estudiante de la Universidad de Valparaíso, ha desarrollado un entorno virtual web que simula de manera innovadora una feria artesanal, aunque esta primera aproximación presenta algunas limitaciones. Uno de los desafíos es el rendimiento, que se ve afectado por la carga computacional de los objetos 3D. En el marco de este trabajo de título, se llevará a cabo una ampliación y mejora significativa de las funcionalidades de la Feria Artesanal 3D, tomando como base la versión previamente desarrollada por Hills. Con el objetivo principal de optimizar el rendimiento, se realizará una migración hacia una tecnología más adecuada, como Unity, lo que conlleva la reconstrucción completa de la feria desde sus cimientos. Se seguirá una metodología de trabajo iterativa, lo que nos permitirá realizar ajustes y mejoras progresivas a lo largo del proceso de desarrollo. Este enfoque nos asegurará un funcionamiento óptimo en el entorno virtual, cumpliendo con los rigurosos requisitos de carga computacional necesarios para ofrecer una experiencia inmersiva y satisfactoria. En este trabajo de título, se ampliaron y mejoraron significativamente las funcionalidades de la Feria Artesanal 3D, migrando hacia la tecnología Unity, permitiendo una experiencia más inmersiva y eficiente. Los resultados obtenidos demostraron mejoras notables en el rendimiento y la experiencia de usuario.

Índice general

Resumen	III
1. Introducción	1
2. Marco Conceptual y Estado del Arte	4
2.1. Marco Conceptual	4
2.1.1. Entorno virtual 3D	4
2.1.2. Modelado 3D	4
2.1.3. Objeto 3D	6
2.1.4. Mapeo de texturas	6
2.1.5. Render	6
2.1.6. Gráficos 3D	6
2.1.7. Gráficos 3D en la web	7
2.1.8. Pasarela de pago	8
2.1.9. Estudio de usabilidad	8
2.2. Estado del Arte	9
2.2.1. Virtual Trade Fair: A Multiuser 3D Virtual World for Business	9
2.2.2. Exploring Traditional Handicraft Learning Mode using WebAR Technology	10
2.2.3. The Virtual Museum of Sculpture	10
2.2.4. Chilemapping	11
2.2.5. UrbanAPI	11
2.2.6. Virtual Reality Interfaces Applied to Web-Based 3D E-Commerce	12
2.2.7. Feria Artesanal Digital	13
2.2.8. Experimental Study On Virtual-Reality Based Retail Mall Called “V-Mart”	14
2.2.9. Herramientas de desarrollo	17
3. Definición del Problema y Análisis de Requerimientos	20
3.1. Formulación del Problema	20

3.2. Solución Propuesta	21
3.3. Objetivos	21
3.3.1. Objetivo General	21
3.3.2. Objetivos Específicos	22
3.4. Metodología	22
3.5. Especificación de Requerimientos	23
3.5.1. Requerimientos Funcionales	23
3.5.2. Requerimientos No Funcionales	24
3.6. Funcionalidades del Sistema	26
3.6.1. Diagramas de Casos de Uso	26
3.6.2. Casos de Uso	27
3.6.3. Diagramas de Secuencia	31
3.6.4. Diagramas de Estado	34
3.6.5. Modelo Conceptual	37
4. Diseño	39
4.1. Diseño Arquitectónico	39
4.1.1. Tecnologías utilizadas	39
4.1.2. Flujo de datos / Vista de alto nivel	40
4.2. Diseño Lógico	40
4.2.1. Diagrama de despliegue	41
4.2.2. Diagrama de componentes	41
4.2.3. Diagrama de clases	42
4.3. Diseño de Datos	46
4.3.1. Diagrama Entidad Relación	46
4.3.2. Modelo Relacional	47
4.3.3. Diccionario de Datos	48
4.4. Diseño de Interfaz	50
4.4.1. Arquitectura de la Información	50
4.4.2. Prototipos de Interfaces Gráficas	52
4.5. Diseño de Pruebas	55
4.5.1. Pruebas Unitarias	55
4.5.2. Pruebas de Integración	56
4.5.3. Pruebas de Sistema	57
4.5.4. Pruebas de Aceptación	57
5. Implementación	59
5.1. Software utilizado	59
5.2. Hardware utilizado	59
5.3. Lenguajes de programación	60

5.4. Estrategia de implementación	61
5.5. Interfaces	63
6. Pruebas	69
6.1. Pruebas Unitarias	69
6.2. Pruebas de Integración	75
6.3. Pruebas de Sistema	77
6.4. Pruebas con Usuarios	78
6.4.1. Nasa TLX	78
6.5. Pruebas de Aceptación	84
7. Implantación	86
7.1. Implantación	86
7.1.1. Requerimientos	86
7.1.2. Preparación de Ambiente	87
7.1.3. Configuración de servicios	87
7.1.4. Documentación	89
7.1.5. Manual de Usuario	89
7.1.6. Documentación de desarrollo	92
7.1.7. Documentación de la API	92
8. Conclusiones	94
8.1. Conclusiones	94
A. Anexo 1	96
A.1. Requerimientos Funcionales	96
A.2. Diagramas de Casos de Uso	98
A.3. Casos de uso	99
A.4. Diagramas de secuencias	109
A.5. Prototipos de interfaces gráficas	114
A.6. Interfaces	116
B. Anexo 2	120
B.1. Pruebas con Usuarios	120
B.1.1. Nasa TLX	120
Bibliografía	125

Índice de figuras

2.1. Ilustración de la feria virtual 3D multiusuario	10
2.2. Ilustración de la interfaz del administrador, que muestra la lista de productos que el administrador actual puede añadir a la escena	13
2.3. Feria artesanal virtual FACL	13
2.4. Centro comercial V-Mart visto a través de un casco de realidad virtual	14
3.1. Metodología iterativa	22
3.2. Diagrama de casos de uso - Cliente	26
3.3. Diagrama de secuencia CU-001	32
3.4. Diagrama de secuencia CU-002	32
3.5. Diagrama de secuencia CU-003	33
3.6. Diagrama de secuencia CU-004	33
3.7. Diagrama de secuencia CU-005	34
3.8. Diagrama de estado del artesano	35
3.9. Diagrama de estado de la pieza artesanal	36
3.10. Diagrama de estado del puesto artesanal	37
3.11. Modelo conceptual	38
4.1. Arquitectura de tres capas	40
4.2. Diagrama de Despliegue	41
4.3. Ejemplo Diagrama de Componentes	42
4.4. Diagrama de Clases parte 1	44
4.5. Diagrama de Clases parte 2	45
4.6. Diagrama entidad-relación	46
4.7. Modelo relacional	48
4.8. Arquitectura de la información	51
4.9. Prototipo de la feria 3D	53
4.10. Prototipo del detalle de una pieza artesanal	53
4.11. Prototipo del resumen del carrito de compras	54
4.12. Prototipo del pago en espera	54
4.13. Estado del pago	55

4.14. Método de caja negra	56
4.15. Pruebas de integración	57
5.1. C# en GameObject	60
5.2. Estrategia de implementación	61
5.3. Feria 3D	64
5.4. Puesto artesanal 3D	65
5.5. Detalle de pieza artesanal	66
5.6. Resumen del carrito de compras	67
5.7. Pago en espera	68
5.8. Estado del pago	68
6.1. Gráfico Tarea 1	81
6.2. Gráfico Tarea 2	82
6.3. Gráfico Tarea 3	83
6.4. Gráfico Tarea 4	83
6.5. Resultados obtenidos de las pruebas de aceptación	85
7.1. Dockerfile	87
7.2. docker-compose	88
7.3. docker-compose	89
7.4. Lista de comandos	89
7.5. Puntos de teletransporte	90
7.6. Categorías	90
7.7. Entrar a un puesto artesanal	91
7.8. Ver detalles de una pieza artesanal	91
7.9. Ver carrito de compras	92
7.10. Documentación API	93
A.1. Diagrama de casos de uso - Artesano y Administrador	98
A.2. Diagrama de secuencia CU-006	109
A.3. Diagrama de secuencia CU-007	109
A.4. Diagrama de secuencia CU-008	110
A.5. Diagrama de secuencia CU-009	110
A.6. Diagrama de secuencia CU-010	111
A.7. Diagrama de secuencia CU-011	111
A.8. Diagrama de secuencia CU-012	112
A.9. Diagrama de secuencia CU-013	112
A.10. Diagrama de secuencia CU-014	113
A.11. Diagrama de secuencia CU-015	113
A.12. Diagrama de secuencia CU-016	114

A.13. Prototipo del mensaje de bienvenida	114
A.14. Prototipo del mapa	115
A.15. Prototipo de la guía de usuario	115
A.16. Prototipo del catálogo	116
A.17. Mensaje de bienvenida	116
A.18. Mapa	117
A.19. Guía de usuario	118
A.20. Catálogo	119

Índice de tablas

2.1. Comparación entre los proyectos anteriores	16
3.1. Requerimientos funcionales del Cliente	24
3.2. Requerimiento no funcional RNF-001	24
3.3. Requerimiento no funcional RNF-002	24
3.4. Requerimiento no funcional RNF-003	25
3.5. Requerimiento no funcional RNF-004	25
3.6. Requerimiento no funcional RNF-005	25
3.7. Requerimiento no funcional RNF-006	25
3.8. Requerimiento no funcional RNF-007	25
3.9. Caso de uso CU-001	27
3.10. Caso de uso CU-002	28
3.11. Caso de uso CU-003	29
3.12. Caso de uso CU-004	30
3.13. Caso de uso CU-005	31
4.1. Diccionario de datos - Artesano	49
4.2. Diccionario de datos - Feria artesanal	49
4.3. Diccionario de datos - Puesto artesanal	49
4.4. Diccionario de datos - Pieza artesanal	50
4.5. Plantilla para pruebas unitarias	56
4.6. Escala de puntuación	57
4.7. Formulario pruebas de aceptación	58
4.8. Escala de puntuación	58
6.1. PU01: Movimiento del player	70
6.2. PU02: Ver guía de usuario	71
6.3. PU03: Ver mapa	71
6.4. PU04: Cambiar categoría de la feria artesanal	72
6.5. PU05: Ingresar a un puesto artesanal	72
6.6. PU06: Ver catálogo	73
6.7. PU07: Ver detalles de pieza artesanal	73

6.8. PU08: Agregar pieza artesanal al carrito	74
6.9. PU09: Ver resumen del carrito de compras	74
6.10. PU10: Comprar piezas artesanales agregadas al carrito de compras	75
6.11. PI-001: Base de datos	76
6.12. PI-002: Puesto artesanal	76
6.13. PI-003: Feria artesanal	77
6.14. Pruebas de Sistemas	77
A.1. Requerimientos funcionales del Artesano	96
A.2. Requerimientos funcionales del Administrador	97
A.3. Caso de uso CU-006	99
A.4. Caso de uso CU-007	100
A.5. Caso de uso CU-008	101
A.6. Caso de uso CU-009	102
A.7. Caso de uso CU-010	103
A.8. Caso de uso CU-011	104
A.9. Caso de uso CU-012	105
A.10. Caso de uso CU-013	106
A.11. Caso de uso CU-014	107
A.12. Caso de uso CU-015	107
A.13. Caso de uso CU-016	108
B.1. Resultados por participante al aplicar el método Nasa TLX a la Tarea 1 - Parte 1	120
B.2. Resultados por participante al aplicar el método Nasa TLX a la Tarea 1 - Parte 2	121
B.3. Resultados por participante al aplicar el método Nasa TLX a la Tarea 2	122
B.4. Resultados por participante al aplicar el método Nasa TLX a la Tarea 3	123
B.5. Resultados por participante al aplicar el método Nasa TLX a la Tarea 4	124

Capítulo 1

Introducción

Las ferias artesanales son eventos en los que se exponen y venden piezas únicas, realizadas mediante procesos rudimentarios, las cuales pueden estar de forma permanente o esporádica en diferentes localidades. Estas se caracterizan por plasmar gráficamente la historia de las zonas donde están ubicadas, además de compartir historias que preservan el patrimonio cultural.

La artesanía, cuyo oficio ha sido transmitido de generación en generación, es una importante manifestación de la identidad cultural de un país. Las técnicas y las materias primas utilizadas para la confección de las piezas artesanales, se han establecido de acuerdo a las características del medio geográfico en el cual se desenvuelven, de modo que están asociadas a espacios determinados. La artesanía se caracteriza por la habilidad manual y técnica de los artesanos, quienes utilizan herramientas especializadas y técnicas complejas para producir piezas únicas. Las piezas artesanales normalmente se confeccionan en un taller artesanal y son el fruto de una habilidad manual orientada hacia un propósito utilitario y lucrativo. A diferencia del arte popular, la artesanía no es una actividad ocasional y desinteresada [1].

Hay múltiples factores que pueden interrumpir la jornada laboral de los artesanos, como por ejemplo los movimientos sociales, el clima y, hechos inéditos como la reciente pandemia por el COVID-19. La pandemia del COVID-19 ha tenido un impacto global en múltiples sectores, lo que ha llevado al mundo a tomar medidas para controlar su propagación. De esta forma, se busca reducir la mortalidad producida por el coronavirus [2]. La difícil labor que tienen los gobiernos frente a los diversos factores los ha llevado a recurrir a medidas de emergencia que van desde el cierre de empresas hasta la limitación en su producción, medidas que sin duda está afectando a los mercados. La cuarentena, el cierre de fronteras, la prohibición de aglomeraciones y suspensión de eventos son unas de las drásticas medidas que han causado un impacto devastador en la economía [3]. Además, la propagación del virus trajo consecuencias en distintos planos de la sociedad, afectando la vida de las personas en diversas dimensiones: cambió la forma de vincularse con otras personas, la

forma de trabajar y de educar, los hábitos de higiene, las prácticas de autocuidado, entre muchas otras [4]. Uno de los grandes afectados por la pandemia fueron las microempresas. Los negocios pequeños sufrieron la inclemencia del encierro de sus clientes y en ese entorno la falta de liquidez llevó al cierre de negocios que no pudieron resistir los meses de confinamiento. Algunos vieron una oportunidad en internet para mostrar sus productos y comercializarlos con entregas a domicilio [5]. El sector artesanal ha tenido que enfrentar momentos difíciles durante la pandemia, algunos operan desde sus casas, utilizando internet, otros tuvieron que interrumpir sus operaciones. En Ecuador, el 77 % de los artesanos interrumpieron operaciones debido a la pandemia, enfrentando dificultades con insumos y entregas [6]. En Chile, 5.500 artesanos perdieron ingresos por la suspensión de ferias y eventos, solicitando apoyo del Ministerio de las Culturas debido a pérdidas por clima, estallido social y el coronavirus [7].

Gran parte de los ingresos de los artesanos provienen del turismo, que se ha visto afectado por las restricciones sanitarias y el cuidado personal de las personas.

En busca de soluciones, se han evaluado diversas alternativas, como el desarrollo de plataformas de comercio electrónico o páginas en redes sociales para que los artesanos puedan promocionar sus piezas artesanales. No obstante, estas alternativas presentan una diferencia fundamental en comparación con una feria artesanal física: la falta de interacción directa con las piezas artesanales. En un entorno de e-commerce o en una página en redes sociales, los usuarios tienen limitaciones para experimentar la textura y los detalles que hacen que la interacción con las piezas artesanales sea tan especial. La ausencia de esta interacción física restringe la capacidad de los usuarios para apreciar plenamente la calidad y el valor intrínseco de las creaciones artesanales. En una feria artesanal física, los usuarios pueden sostener, examinar y admirar las piezas personalmente. Pueden apreciar la textura y los detalles meticulosamente. Es en este contexto que los entornos virtuales cobran relevancia, ya que buscan superar esta limitación y brindar a los usuarios una experiencia más inmersiva y cercana a la realidad. Mediante los entornos virtuales y otros avances, se busca recrear la sensación de estar presente físicamente en una feria artesanal, permitiendo a los usuarios explorar las piezas artesanales con detalle y vivir una experiencia visualmente atractiva y emocionalmente enriquecedora. Los entornos virtuales permiten a los artesanos mostrar sus creaciones y llegar a un público más amplio sin tener que estar físicamente presentes en una feria o evento. Además, pueden crear su propia tienda en línea y administrar sus ventas. Los entornos virtuales también brindan una mayor flexibilidad y libertad en términos de horarios de trabajo y ubicación geográfica, lo que puede resultar beneficioso para aquellos artesanos que operan desde sus hogares. En resumen, los entornos virtuales ofrecen una alternativa innovadora y eficiente para el sector artesanal en tiempos de pandemia y más allá. El paper *An interactive 3D interface for a virtual Chilean artisan fairs* [8] de Danixa Hills documenta una aproximación inicial a la feria artesanal 3D. El artículo presenta el desarrollo de un entorno virtual web que simula una feria real, en el cual los usuarios tienen la oportunidad de interactuar directamente con las piezas artesanales, explorando su detalle

y apreciando su belleza desde diversos ángulos. Es importante reconocer que esta primera aproximación presenta ciertas limitaciones técnicas que requieren ser abordadas. Una de ellas es el rendimiento, el cual no alcanza su máximo potencial debido a diversos factores. Con el objetivo de proporcionar una experiencia excepcional en la feria virtual, resulta esencial seleccionar la tecnología adecuada para la migración, lo que implica la necesaria tarea de reconstruir la feria desde sus cimientos. Unity destaca como la elección preferida, no solo por su capacidad para cumplir con la necesidad de reconstrucción, sino también por su plataforma robusta que facilita la creación de entornos virtuales de alta calidad. Comparado con otras opciones disponibles, Unity se distingue gracias a su sólido respaldo comunitario, una extensa biblioteca de recursos y una interfaz de usuario amigable. Estas características no solo agilizan el desarrollo, sino que también mejoran la eficiencia del proceso. En relación con la implementación de una pasarela de pagos, aspecto no contemplado en el trabajo previo de Danixa Hills, Unity se presenta como una opción eficiente. Esto no solo facilita la adquisición directa de piezas artesanales por parte de los clientes, sino que también contribuye a consolidar a Unity como la tecnología más idónea para garantizar una experiencia integral y satisfactoria para los usuarios finales. En este trabajo de título, se llevará a cabo la extensión del aporte previamente realizado por Danixa Hills en la creación de la Feria Artesanal 3D. El objetivo principal es mejorar el rendimiento y agregar nuevas funcionalidades que enriquezcan la experiencia del usuario, como la implementación de una pasarela de pagos para ofrecer la compra de las piezas artesanales. Para lograrlo, se utilizará el motor de videojuegos Unity, un entorno más adecuado que brinda herramientas y técnicas avanzadas para mejorar el rendimiento del entorno virtual. Esto implica reconstruir la feria desde cero, reestructurando sus fundamentos para aprovechar al máximo las capacidades de Unity. Además, se realizará un rediseño del front-end con el fin de adaptarlo a las nuevas funcionalidades y garantizar una experiencia visualmente atractiva y fluida para los usuarios. A través de este enfoque integral, se busca optimizar tanto la funcionalidad como la estética de la Feria Artesanal 3D, acercando aún más el mundo artesanal al entorno virtual y brindando una experiencia inmersiva y satisfactoria para los visitantes virtuales. La estructura de este trabajo de título se organiza de la siguiente manera. En el capítulo 1 abordamos la introducción. En el capítulo 2 se presentarán el marco conceptual y el estado del arte. Posteriormente en el capítulo 3 se mostrará la definición del problema y el análisis de requerimientos. Luego en el capítulo 4 se presentará el diseño. El capítulo 5 abordará la implementación, mientras que el capítulo 6 se dedicará a las pruebas. En el capítulo 7 nos enfocaremos en la implantación y finalmente en el capítulo 8 se expondrán las conclusiones.

Capítulo 2

Marco Conceptual y Estado del Arte

Para este capítulo, en la Sección [2.1](#) se presenta el Marco Conceptual, mientras que en la Sección [2.2](#) es expuesto el estado del arte.

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Entorno virtual 3D

Un entorno virtual es una recreación de un espacio real o imaginario en 3D generado por un computador, en donde no se busca la sensación de inmersión, sino simplemente la interacción que puede obtener el espectador con el uso de medios tecnológicos [\[9\]](#). La ventaja de estos entornos es que permiten simular en un esquema virtual, mundos, condiciones u objetos que físicamente sean complicados de recrear [\[10\]](#).

2.1.2. Modelado 3D

En informática gráfica, un modelo 3D es una representación digital de una superficie, o un objeto, creada en un software especializado. Representa un elemento físico mediante un conjunto de puntos en el espacio 3D, conectados por distintas figuras geométricas como triángulos, líneas, superficies curvas, etc. En algunos casos, un modelo 3D puede transmitir el tamaño, la forma y la textura de un objeto. El proceso de creación de esta representación se denomina modelado 3D.

Aunque hay varias formas de crear modelos 3D [\[11\]](#), la mayoría se reducen a dos métodos básicos: crear un modelo en un software de modelado 3D o utilizar un objeto del mundo real y convertirlo en un modelo digital mediante un escáner 3D.

1. **Método 1:** Crear modelo 3D con un software de modelado 3D: Consiste en crear modelos 3D empezando desde cero.
 - a) **Modelado paramétrico** [12]: Es el método más utilizado por ingenieros y diseñadores para construir modelos realistas de futuras piezas y sistemas, ya que con este método, el diseñador puede crear un modelo 3D de un objeto que puede tener los mismos parámetros que un objeto real: material, peso, tamaño, etc.
 - b) **Modelado poligonal** [13]: Este método es el más utilizado para videojuegos. Un modelo poligonal se construye con polígonos: formas planas y de dos dimensiones, como triángulos o cuadriláteros que el artista modifica para construir una malla 3D.
 - c) **Escultura digital** [14]: Este método es el más indicado para crear objetos realistas con formas orgánicas y fluidas. También se utiliza para crear prototipos para impresiones 3D. El proceso es muy similar al de esculpir con materiales reales como la arcilla o la piedra. Mediante el uso de herramientas de escultura similares a un pincel, se puede manipular la malla poligonal de un objeto, empujando, tirando y retorciendo varias partes de su geometría o añadiendo geometría adicional para imitar una estructura orgánica.

2. **Método 2:** Escaneo 3D [15]: A diferencia del método anterior, el escaneo 3D permite crear una copia digital exacta de un objeto real.
 - a) **Escaneado 3D para CAD:** Una de las formas de usar el escaneo 3D es para capturar la información geométrica exacta de un objeto que hay que analizar, hacer ingeniería inversa o inspeccionar para detectar cualquier defecto o desviación respecto al plano original. Es muy útil cuando no se tiene acceso a los archivos CAD 3D o 2D iniciales de un producto. En vez de invertir horas en crear el modelo desde cero, simplemente se puede escanear y tenerlo en la pantalla en cuestión de minutos.
 - b) **Escaneado 3D para modelado poligonal y escultura:** Los escáneres 3D son también una buena herramienta cuando hay que conseguir un gran nivel de realismo que no siempre es posible con el modelado poligonal o la escultura digital. Muchos estudios de juegos deportivos utilizan escáneres 3D para escanear los rostros de atletas famosos para que sus personajes 3D se parezcan lo máximo posible.

La feria artesanal virtual se desarrolló utilizando un motor de videojuegos, lo que requirió la creación de modelos 3D optimizados para garantizar un rendimiento fluido. En un entorno de videojuego, los modelos 3D se procesan en tiempo real y es recomendable visualizarlos a una frecuencia constante de, por ejemplo, 60 cuadros por segundo para asegurar un rendimiento fluido [16]. No obstante, la frecuencia de visualización puede ajustarse según

las necesidades para garantizar una experiencia óptima. Para lograr esto, es crucial utilizar modelos 3D con un nivel de detalle adecuado, lo cual se logra mediante el modelado 3D poligonal. Este enfoque implica utilizar una cantidad de polígonos controlada en los modelos, lo que permite una mayor fluidez en el juego sin perder tantos detalles. Por lo tanto, el modelado 3D poligonal fue el método seleccionado para crear los modelos en la feria artesanal virtual.

2.1.3. Objeto 3D

Los objetos 3D son figuras sólidas que se obtienen a partir del modelado 3D y que pueden tener los mismos parámetros que un objeto real: material, peso, tamaño, etc [10].

2.1.4. Mapeo de texturas

El mapeo de texturas determina la manera en que una textura se aplica o proyecta sobre la superficie de un objeto. En el caso de texturas tridimensionales, su aplicación suele requerir menos cuidado, ya que tienden a adaptarse naturalmente a la forma del objeto sin distorsiones significativas. [17].

2.1.5. Render

Los renders se denominan también perspectivas 3D y con esto entendemos aquellas imágenes digitales generadas por computador que crean edificaciones, objetos o personajes a través de un mundo tridimensional virtual [18].

2.1.6. Gráficos 3D

Los gráficos 3D son todos aquellos objetos que se pueden dibujar en un sistema de coordenadas tridimensional.

Para entender cómo funcionan los gráficos 3D, es necesario entender la disciplina detrás de estos gráficos.

1. **Sistema de coordenadas 3D:** El dibujo 3D está presente dentro de un sistema de coordenadas 3D. A diferencia de un sistema de coordenadas cartesianas en 2D, el sistema de coordenadas 3D cuenta con una coordenada adicional "z", que describe la profundidad.
2. **Mallas, polígonos y vértices:** Una malla es un objeto compuesto por una o más formas poligonales, construidas a partir de vértices (x, y, z), los cuales le dan una posición dentro del sistema de coordenadas 3D. Los polígonos más utilizados en las

mallas son los triángulos (grupo de tres vértices) y los cuadrados (grupo de cuatro vértices).

3. **Materiales, texturas y luces:** La superficie de una malla se define utilizando atributos adicionales más allá de las posiciones de los vértices x, y, z. Los atributos de la superficie pueden ser tan simples como un solo color sólido, o pueden ser complejos, comprendiendo varias piezas de información que definen, por ejemplo, cómo la luz se refleja en el objeto o cuán brillante es el objeto. La información de la superficie también puede representarse mediante uno o varios mapas de bits, conocidos como mapas de textura (o simplemente texturas). Las texturas pueden definir el aspecto literal de la superficie. En la mayoría de los sistemas gráficos, las propiedades de la superficie de una malla se denominan materiales.
4. **Transformación y matrices:** Las mallas 3D se definen por las posiciones de sus vértices. Es por esto que es necesario poder mover la malla sin tener que pasar por cada uno de sus vértices. Las operaciones que logran lo anteriormente mencionado se denominan transformaciones. Las transformaciones permiten escalar, rotar y mover una malla renderizada sin cambiar los valores de sus vértices.
5. **Cámaras, perspectiva, ventana de visualización y proyecciones:** Toda escena renderizada requiere un punto de vista desde donde el usuario la verá. Los sistemas 3D suelen utilizar una cámara, un objeto que define dónde se sitúa y orienta el usuario, así como otras propiedades de la cámara del mundo real, como el tamaño del campo de visión, que define la perspectiva [19].

2.1.7. Gráficos 3D en la web

WebGL es el nuevo estándar para los gráficos 3D en la web. Con WebGL, los desarrolladores pueden aprovechar toda la potencia del hardware de renderizado de gráficos de los computadores utilizando únicamente JavaScript y un navegador web. Antes de WebGL, los desarrolladores tenían que recurrir a plugins y pedir a sus usuarios que descargaran e instalaran software personalizado para poder ofrecer una verdadera experiencia 3D.

WebGL forma parte de la familia de tecnologías HTML5. Aunque no forma parte de la especificación oficial, se incluye en la mayoría de los navegadores compatibles con HTML5. Al igual que los Web Workers, los Web Sockets y otras tecnologías fuera de las recomendaciones oficiales del W3C, WebGL es un componente esencial que funciona tanto en computadores como en móviles y está transformando el navegador moderno en una plataforma de aplicaciones de primera clase.

Hay cientos de sitios, aplicaciones y herramientas en desarrollo, con aplicaciones que van desde los juegos hasta la visualización de datos y el comercio minorista. Aunque WebGL

puede parecer desalentador al principio, existen varios conjuntos de herramientas JavaScript de código abierto que facilitan el trabajo de desarrollo [19].

2.1.8. Pasarela de pago

Una pasarela de pago es un servicio intermediario entre una web de comercio electrónico y un banco a la hora de ejecutar transacciones bancarias online. Se integran a la plataforma web y almacenan información del banco que maneja las cuentas de compradores y vendedores. En el pago con tarjeta, la pasarela de pagos valida la veracidad de la tarjeta y organiza la transferencia del dinero de la cuenta del comprador a la cuenta del vendedor [20]. En el contexto de este trabajo de grado, se ha optado por utilizar la pasarela de pagos conocida como PayPal. Es una reconocida plataforma de pagos en línea que facilita transacciones seguras y eficientes. Funciona como una pasarela de pago global, permitiendo a usuarios realizar compras y transferencias de dinero de manera conveniente a través de diversas fuentes, como tarjetas de crédito o cuentas bancarias vinculadas.

2.1.9. Estudio de usabilidad

La usabilidad es un atributo clave que determina qué tan fácil es utilizar un producto o servicio [21]. Implica centrarse en las necesidades y preferencias de los usuarios, comprendiendo cómo interactúan con el producto y cuánto esfuerzo requieren para lograr sus objetivos. En el caso de los productos de software, la usabilidad es fundamental para asegurar que los usuarios puedan realizar sus tareas de manera eficiente y efectiva. La evaluación de la usabilidad de un producto de software se puede realizar a través de diversas metodologías, una de ellas son las evaluaciones heurísticas. En este enfoque, expertos analizan el diseño y la interacción del producto en función de principios establecidos o "heurísticas". Estas evaluaciones proporcionan una visión valiosa sobre posibles problemas de usabilidad y ofrecen recomendaciones para mejorar la experiencia del usuario [22]. Además de las evaluaciones heurísticas, las experiencias de usuario juegan un papel crucial en la evaluación de la usabilidad. Al interactuar directamente con el producto, los usuarios proporcionan una retroalimentación valiosa sobre cómo se sienten al utilizarlo, sus dificultades, preferencias y necesidades específicas [23]. En resumen, la usabilidad es un factor determinante para el éxito de un producto de software, y su evaluación requiere la combinación de métodos como las evaluaciones heurísticas y la interacción con usuarios reales, para garantizar una experiencia de usuario satisfactoria y eficiente.

Para evaluar la usabilidad de la Feria Artesanal Virtual y medir la carga de trabajo percibida por los usuarios durante su interacción con el sistema, se utilizó el NASA Task Load Index (NASATLX) [24]. Es una herramienta de evaluación subjetiva que se utiliza para medir la carga de trabajo percibida y la facilidad de uso de un sistema o tarea por parte de los usuarios. Fue desarrollado por la NASA para evaluar la carga de trabajo mental

experimentada por los astronautas durante las misiones espaciales, pero posteriormente se ha utilizado en diversos campos, incluyendo la evaluación de la usabilidad de software y sistemas. NASATLX se basa en un enfoque multidimensional para medir la carga de trabajo, que incluye seis dimensiones:

- **Carga mental:** Se refiere a la cantidad de esfuerzo mental o demanda cognitiva que se requiere para realizar una tarea. Incluye aspectos como la concentración, la memoria y la toma de decisiones.
- **Carga física:** Hace referencia a la demanda física o esfuerzo físico que implica la tarea. Puede incluir aspectos como movimientos repetitivos, uso de dispositivos, etc.
- **Carga temporal:** Se refiere a la presión de tiempo o la urgencia percibida para completar la tarea.
- **Carga de rendimiento:** Es la percepción de cómo de bien o mal se está realizando la tarea y si los resultados son satisfactorios.
- **Esfuerzo:** Hace referencia a la cantidad de esfuerzo mental y físico requerido para completar la tarea.
- **Frustración:** Se refiere a la cantidad de estrés o frustración percibida al realizar la tarea.

2.2. Estado del Arte

2.2.1. Virtual Trade Fair: A Multiuser 3D Virtual World for Business

En el 2010, Remolar desarrolló una feria virtual 3D multiusuario para empresas [25], con el objetivo de promover los negocios reales en un mundo virtual, dándole publicidad a las empresas que tienen un stand dentro del entorno virtual. Para hacer más amigable la visita a la feria, los usuarios están representados por personajes virtuales (avatares), a los cuales se les puede personalizar, es decir, se les puede cambiar el género, vestimentas, entre otras cosas. Es un entorno virtual multiusuario, esto quiere decir que muchos usuarios pueden estar conectados simultáneamente y, además, pueden comunicarse entre sí. Todos los usuarios tienen un nombre, el cual se muestra arriba de su personaje virtual. La feria cuenta con un usuario tipo administrador, el cual tiene la labor de introducir información general sobre las empresas en la base de datos y proporcionarles una contraseña para que puedan acceder a la aplicación. Otra de sus labores es gestionar la ubicación de los stands en los pabellones. El motor de juegos utilizado es Torque 3D, el cual está diseñado bajo una arquitectura cliente-servidor. La función del servidor es sincronizar la posición de clientes y otros objetos animados y detecta posibles colisiones entre ellos.



Figura 2.1: Ilustración de la feria virtual 3D multiusuario [25]

2.2.2. Exploring Traditional Handicraft Learning Mode using WebAR Technology

Los principales canales de aprendizaje de artesanía se basan en una enseñanza presencial, donde las principales fuentes de conocimientos son libros de texto. Sin embargo, los libros de texto no pueden mostrar de forma dinámica el proceso de producción de la artesanía tradicional.

Para resolver este problema, Yi Ji, Peng Tan, Jiayin Zhou y Tieming Fu [26] proponen un sistema de aprendizaje de artesanía tradicional basado en la tecnología WebAR. Este sistema integra el contenido de aprendizaje de la artesanía tradicional con la tecnología interactiva de WebAR. Este sistema multiplataforma funciona bajo tecnologías web, por lo tanto, solo es necesario que los dispositivos cuenten con un navegador web compatible con WebGL. Esto quiere decir que tanto dispositivos móviles como de escritorio podrían correr la aplicación. Una característica importante es que no es necesario descargar la aplicación, lo cual mejora la usabilidad.

2.2.3. The Virtual Museum of Sculpture

Este museo virtual realizado por M. Carrozzino y compañía [27] es un sistema de realidad virtual inmersiva en el que el usuario puede interactuar con obras de arte digitalizadas, bocetos de esculturas y más. Las esculturas se sitúan en un espacio virtual que representa una plaza, siendo un escenario ideal para obras de arte o esculturas. La interacción se realiza mediante el uso de un trackball de mano, el cual permite seleccionar una escultura deseada y verla desde cualquier perspectiva y distancia posible. Una serie de textos e imágenes superpuestos, junto con una narración vocal, proporcionan información sobre obras de arte, estilos y autores. El sistema de visualización consiste en una pantalla

panorámica curvada en forma cilíndrica para proporcionar un campo de visión de alta inmersión. Todos los modelos de escultura se han realizado tras un proceso de digitalización con un escáner láser óptico 3D que produce una nube de puntos de alta resolución. Estos datos se procesan posteriormente para reducir la complejidad de los modelos 3D y, por consiguiente, la carga computacional. Para preservar la calidad visual del modelo, el proceso de reducción de polígonos va seguido de un procedimiento de recuperación de detalles que utiliza técnicas para que el usuario perciba los detalles de alta resolución perdidos y para añadir características de iluminación global.

2.2.4. Chilemapping

Chilemapping [28] es una feria virtual interactiva de red de medios enriquecidos que proporcionan a los participantes de la exposición, conferencia o convención un entorno de realidad virtual en 360° altamente funcional. En este entorno de realidad virtual, los participantes pueden acceder a los stands y zonas públicas de una feria en 360° para ver, participar y tomar información, tales como:

- Demostraciones de productos en 360°.
- Participación en streaming.
- Videos promocionales alojados en el servidor, Youtube o Vimeo.
- Páginas Web.
- Imágenes.
- Descarga de brochures y catálogos.

2.2.5. UrbanAPI

UrbanAPI [29] es una aplicación web para la participación pública en los procesos de planificación urbana, ayudando a los planificadores urbanos y a los responsables de la toma de decisiones a presentar ideas, planes y decisiones a una amplia audiencia. Además, permite a los ciudadanos y otras partes interesadas comentar los planes y proporcionar información. Esta aplicación consta de un mapa en 2D, una visualización en 3D y otros componentes necesarios para la participación pública, como un foro, un panel de comentarios y un componente de cuestionario.

Los usuarios tienen las siguientes posibilidades:

- Navegar por la escena con diferentes modos (helicóptero peatón, etc.).
- Seleccionar puntos de vista para navegar a lugares predefinidos.

- Anotar la escena 3D colocando marcadores y comentarios con el ratón.
- Cargar modelos de edificios en 3D y colocarlos en la escena.
- Permitir que las sombras juzguen el impacto de las nuevas construcciones en su entorno.
- Cambiar la fecha y la hora para realizar simulaciones realistas.

La visualización 3D fue desarrollada en X3DOM, un framework de código abierto para gráficos 3D en la web.

2.2.6. Virtual Reality Interfaces Applied to Web-Based 3D E-Commerce

La tesis "Virtual Reality Interfaces Applied to Web-Based 3D E-Commerce" [30] investiga la incorporación de interfaces de realidad virtual (VR) en el comercio electrónico en línea con el objetivo de mejorar la experiencia del usuario, enfocándose en la visualización de productos en 3D y la interacción con ellos. Para evaluar la efectividad de estas interfaces, se llevaron a cabo varios experimentos. Uno de ellos consistió en realizar compras en un sitio web de comercio electrónico que presentaba productos en una interfaz de realidad virtual basada en la web, lo que resultó en una mejora significativa en la experiencia del usuario y la intención de compra. Otro experimento se centró en la visualización de productos en 3D, demostrando que esto mejoró la comprensión de los productos y la intención de compra. La tesis concluye que la incorporación de interfaces de realidad virtual puede mejorar significativamente la experiencia del usuario en el comercio electrónico, especialmente a través de la visualización y la interacción con productos en 3D.

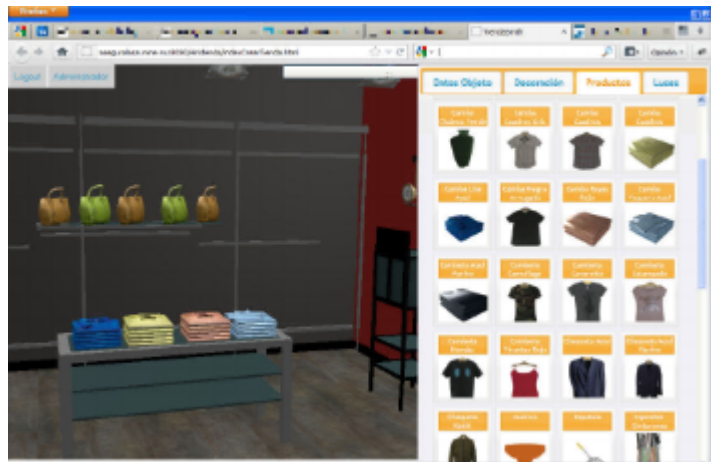


Figura 2.2: Ilustración de la interfaz del administrador, que muestra la lista de productos que el administrador actual puede añadir a la escena [30].

2.2.7. Feria Artesanal Digital

El trabajo de grado "Feria Artesanal Digital" [31] presenta una representación en 3D de una feria artesanal que integra tanto puestos artesanales como piezas artesanales, y que recrea lo que sucede en un ambiente real. La plataforma incluye funcionalidades para navegar entre los puestos y visualizar las piezas, así como un catálogo vivo de los productos disponibles. Además, cuenta con perfiles para artesanos y administradores, con diferentes funcionalidades para cada rol. Este trabajo demuestra cómo las tecnologías pueden contribuir a la difusión y visibilización del patrimonio cultural, promoviendo así un avance que beneficia al progreso cultural de la sociedad.



Figura 2.3: Feria artesanal virtual FACIL [8]

2.2.8. Experimental Study On Virtual-Reality Based Retail Mall Called “V-Mart”

En el estudio de Experimental Study On Virtual-Reality Based Retail Mall Called “V-Mart” [32], se exploró el desarrollo de V-Mart, una aplicación de realidad virtual que ofrece a los usuarios una experiencia inmersiva y realista dentro de un entorno de centro comercial. Este proyecto se enfocó en fusionar las características de una tienda física convencional con las ventajas añadidas de un e-commerce. V-Mart buscó proporcionar una plataforma donde los usuarios pueden explorar productos, realizar compras y obtener información detallada sobre los artículos de interés. Los clientes tienen la libertad de navegar por el centro comercial virtual en 3D, seleccionar productos, examinar sus detalles y acceder a información relevante. Se implementaron funciones de búsqueda y navegación para facilitar la experiencia de compra. Además, V-Mart integró características sociales, permitiendo a los usuarios calificar, comentar sobre sus experiencias de compra y productos específicos, así como recibir sugerencias personalizadas basadas en sus interacciones anteriores y preferencias.

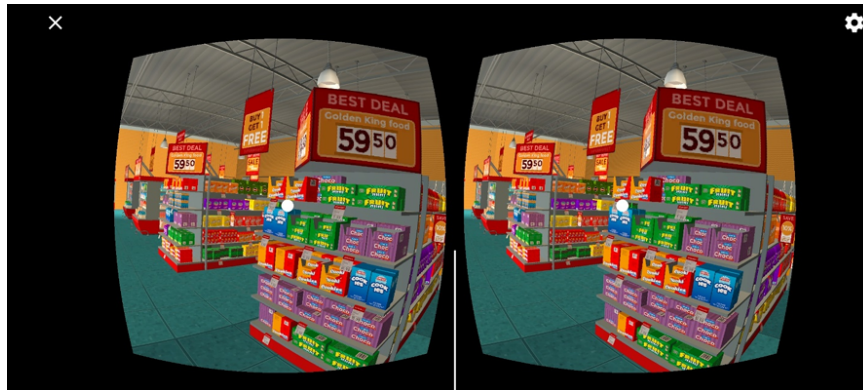


Figura 2.4: Centro comercial V-Mart visto a través de un casco de realidad virtual [32]

Nombre	Herramienta de desarrollo	Finalidad	Pasarela de pagos	Compatibilidad con dispositivos móviles
Virtual Trade Fair: A Multiuser 3D Virtual World for Business	Torque 3D	Feria comercial multiusuario destinada a empresas. En ella las empresas pueden mostrar sus productos, hacer reuniones, conectarse con sus clientes, etc	No	No
Exploring Traditional Handicraft Learning Mode using WebAR Technology	Three.js	Plataforma para aprender a realizar artesanía tradicional utilizando realidad aumentada	No	Si
The Virtual Museum of Sculpture	Realidad Virtual y WebGL	Museo virtual para promover esculturas de importantes artistas italianos del siglo XX	No	No
Chile-mapping	Realidad Virtual y WebGL	Feria virtual de exposiciones y conferencias	No	No
UrbanAPI	X3DOM	Aplicación 3D para la planificación de procesos urbanos	No	No
Virtual Reality Interfaces Applied to Web-Based 3D E-Commerce	WebGL	Creación y gestión de tiendas virtuales	No	No

An inter-active 3D interface for a virtual Chilean artisan fairs	A-frame	Feria artesanal que promueve la difusión de piezas artesanales	No	Si
Experimental Study On Virtual-Reality Based Retail Mall Called “V-Mart”	Unity3D	Centro comercial basado en realidad virtual (requiere equipo de realidad virtual)	Si	No

Tabla 2.1: Comparación entre los proyectos anteriores

Después de analizar los trabajos de grado y todas las otras tecnologías presentadas a lo largo del capítulo 2, se puede destacar que todas comparten el uso de la tecnología 3D para crear entornos virtuales inmersivos. Cada proyecto, ya sea orientado a la planificación urbana, el comercio electrónico o la promoción cultural y artesanal, coincide en la utilización de la tecnología 3D para la creación de entornos virtuales, aunque cada uno presenta un enfoque único. En esta panorámica, los motores de videojuegos y los frameworks de WebGL emergen como herramientas esenciales en el desarrollo de entornos virtuales, cada uno con características distintivas adaptadas a diferentes enfoques de programación. Un motor de videojuegos, al proporcionar funcionalidades como renderizado de gráficos, física, gestión de audio e inteligencia artificial, libera a los desarrolladores de preocupaciones técnicas de bajo nivel, permitiéndoles centrarse en la lógica y el diseño del juego. Por otro lado, un framework de WebGL actúa como una biblioteca de código que facilita el uso de la API WebGL, simplificando tareas como la creación de escenas 3D, carga de texturas y gestión de shaders. En el caso específico de nuestro trabajo de grado, "Feria Artesanal Virtual 3D 2.0", la elección de Unity como motor de videojuegos encuentra justificación en múltiples razones. Unity no solo logra un equilibrio sobresaliente entre accesibilidad y potencia, permitiendo el desarrollo de entornos virtuales inmersivos sin comprometer la calidad visual, sino que también se destaca por su capacidad para adaptarse a diversas plataformas, ampliando significativamente el alcance de la experiencia. La interfaz intuitiva y la sólida comunidad de desarrolladores de Unity simplifican el proceso creativo y resuelven posibles desafíos técnicos. La versatilidad de Unity, especialmente en la integración de funciones específicas como una pasarela de pagos, lo posiciona como una elección óptima para la promoción y venta de piezas artesanales en entornos virtuales. Este enfoque supera las limitaciones de otros frameworks, garantizando un desarrollo eficaz y adaptado a las

necesidades específicas de nuestro proyecto. En particular, las tesis "Virtual Reality Interfaces Applied to Web-Based 3D E-Commerce" y "An interactive 3D interface for a virtual Chilean artisan fairs" utilizan un framework de WebGL para crear experiencias inmersivas en el comercio electrónico. Sin embargo, carecen de una pasarela de pagos integrada y solo la última mencionada cuenta con una interfaz compatible con dispositivos móviles. Por otro lado, las tesis "Virtual Trade Fair: A Multiuser 3D Virtual World for Business", "UrbanAPI" y "Experimental Study on Virtual-Reality Based Retail Mall Called V-Mall" emplean motores de videojuegos en contextos distintos, sin ofrecer compatibilidad con dispositivos móviles y, en el último caso, solo siendo accesible con equipos de realidad virtual. En contraste, nuestro proyecto "Feria Artesanal Virtual 3D 2.0" destaca al contar con un diseño de interfaz adaptable a todos los dispositivos, desde móviles hasta pantallas grandes. Esta versatilidad no solo amplía la audiencia potencial, sino que simplifica la experiencia para los usuarios, eliminando la necesidad de equipos de realidad virtual y haciendo la participación en la feria más sencilla y accesible. Además, al integrar una pasarela de pagos, se posiciona como una herramienta completa para la promoción y venta de piezas artesanales en entornos virtuales. La combinación de una interfaz versátil, accesibilidad y funcionalidades como la pasarela de pagos confiere a la Feria Artesanal 3D una ventaja distintiva, destacando su potencial para ofrecer una experiencia integral, sencilla y económicamente accesible para el público.

2.2.9. Herramientas de desarrollo

- **Unity3D:** Unity se ha destacado como un motor de desarrollo de videojuegos y ha evolucionado para convertirse en una herramienta versátil y robusta en la creación de entornos 3D [33]. En el contexto de la feria artesanal, se optó por Unity debido a su capacidad para generar entornos realistas y visualmente atractivos. Además, Unity ofrece técnicas avanzadas para mejorar el rendimiento. Estas técnicas permiten optimizar la calidad gráfica y la eficiencia del entorno sin comprometer la experiencia del usuario, algo que resulta más complejo de implementar en otros frameworks como A-Frame [34]. Así, la elección de Unity 3D para la creación de la feria artesanal se fundamentó en su capacidad para crear entornos virtuales realistas y en sus técnicas de optimización que garantizan un rendimiento óptimo.
- **NodeJS:** Node.js es una plataforma de desarrollo backend basada en JavaScript que ha ganado popularidad debido a su capacidad para construir aplicaciones escalables y eficientes en tiempo real [35]. Para la feria artesanal 3D, se optó por Node.js debido a su capacidad para construir aplicaciones escalables. Una de las ventajas fundamentales de Node.js radica en su naturaleza asíncrona, permitiendo manejar múltiples solicitudes simultáneamente. Esta característica es esencial para garantizar una experiencia fluida y receptiva para los usuarios durante su interacción con la feria. Además, se utilizó Node.js para desarrollar un API REST que facilitara la interacción entre los

diversos componentes de la feria artesanal. La elección de Node.js se fundamentó en su capacidad para cumplir con los requisitos de rendimiento y escalabilidad esenciales para el funcionamiento óptimo de la feria artesanal 3D.

- **MySQL:** En cuanto a la gestión de datos, se implementó MySQL como sistema de gestión de bases de datos en el desarrollo de la feria artesanal 3D. MySQL ha sido ampliamente reconocido por su fiabilidad y escalabilidad en el manejo de datos relacionales. La elección de MySQL se basó en su capacidad para gestionar eficientemente grandes conjuntos de datos. Además, MySQL ofrece una comunidad activa de desarrolladores y una amplia documentación que facilita su integración en el proyecto, asegurando una gestión confiable de los datos que son vitales para el funcionamiento de la feria artesanal.
- **Docker:** Para la gestión y despliegue eficiente de la infraestructura, se optó por Docker en el desarrollo de la feria artesanal. Docker, una plataforma de contenedores, ofrece un entorno de desarrollo aislado y escalable que permite empaquetar, distribuir y ejecutar aplicaciones de manera consistente en diferentes entornos [36]. La elección de Docker se fundamentó en su capacidad para crear contenedores ligeros y portátiles, lo que simplifica enormemente el proceso de implementación en distintos sistemas operativos y entornos de nube. Su enfoque en la virtualización a nivel de contenedores y la capacidad para crear entornos replicables asegura una coherencia y estabilidad en el despliegue de la feria artesanal 3D.
- **Nasa TLX:** NASA Task Load Index (Nasa TLX) es una herramienta de evaluación reconocida que se utiliza para medir la carga de trabajo percibida por individuos que realizan tareas variadas [24]. Este índice, desarrollado por la NASA, evalúa la carga mental, física, temporal, esfuerzo, frustración y el rendimiento que experimenta un individuo durante la ejecución de una tarea específica. Se basa en la autoevaluación del usuario, quien proporciona puntuaciones subjetivas para cada uno de estos dominios, permitiendo así una comprensión más profunda de la carga de trabajo percibida durante una tarea dada. En el contexto de la feria artesanal 3D, Nasa TLX se utilizó para evaluar la experiencia y la carga de trabajo experimentada por los usuarios al interactuar con la plataforma, identificando áreas clave que requerían mejoras y ajustes para optimizar la experiencia de usuario.
- **PayPal:** PayPal [37] se presenta como una plataforma de pagos en línea que proporciona a los usuarios una variedad de opciones de pago, abarcando tarjetas de crédito, débito, cuentas bancarias vinculadas y saldos de cuenta PayPal. Su mayor fortaleza radica en la robustez de sus medidas de seguridad, respaldadas por tecnologías de encriptación. Esta característica no solo asegura la confidencialidad de la información financiera de los usuarios, sino que también establece a PayPal como una opción confiable para transacciones electrónicas seguras. La integración fluida en diversas

plataformas y sus programas de protección tanto para compradores como vendedores refuerzan su posición como una herramienta esencial en el sistema de compras de este proyecto, garantizando a los usuarios una experiencia de pago segura y eficiente.

- **Occlusion Culling:** Occlusion Culling [38] es una técnica utilizada para mejorar la eficiencia en la representación visual de escenas 3D. Su objetivo principal es optimizar el rendimiento gráfico al identificar y descartar objetos que no son visibles para el observador en un momento dado. La idea fundamental detrás de esta técnica consiste en determinar qué partes de la escena están obstruidas u ocultas por otros objetos desde la perspectiva del espectador, evitando así el procesamiento y la renderización de elementos que no contribuyen a la imagen final. La implementación efectiva de occlusion culling resulta crucial en entornos virtuales complejos, ya que contribuye significativamente a mejorar la velocidad y la eficiencia de la representación gráfica, proporcionando experiencias visuales más fluidas.

Capítulo 3

Definición del Problema y Análisis de Requerimientos

3.1. Formulación del Problema

La plataforma web que simula el entorno de una feria artesanal en 3D, desarrollada por Danixa Hills, estudiante de Ingeniería Civil Informática [8], representa el primer avance hacia esta problemática. En su implementación, se demostró la factibilidad técnica de la solución y despertó gran interés entre los usuarios y la comunidad en general. Este trabajo pionero en el contexto de Chile ha permitido identificar algunas limitaciones técnicas en esta primera aproximación:

- **Rendimiento subóptimo:** Debido al uso de un framework WebGL y la carga de múltiples objetos 3D en la plataforma, se experimenta un rendimiento limitado. Para abordar este problema, es beneficioso cambiar esta tecnología y adoptar un motor de videojuegos, el cual ofrece técnicas para mejorar significativamente el rendimiento.
- **Dificultad en la carga de objetos 3D:** Actualmente no existe una solución que permita a los artesanos cargar fácilmente los modelos 3D de sus piezas artesanales. Se requiere implementar una forma más intuitiva y sencilla para que puedan exhibir sus creaciones.
- **Ausencia de un sistema de ventas:** La plataforma carece de un sistema de ventas integrado para que los visitantes puedan adquirir las piezas artesanales directamente desde la feria virtual. Es importante incorporar una pasarela de pagos que facilite estas transacciones.
- **Adaptación del frontend:** Para abordar las nuevas funcionalidades y mejoras, es necesario rediseñar y adaptar el frontend para asegurar una experiencia de usuario fluida y atractiva.

Es relevante destacar que el trabajo previo de Danixa Hills no contempló una pasarela de pagos para realizar compras directas de las piezas artesanales desde la feria virtual ni un sistema para cargar modelos 3D de forma sencilla. Esta propuesta busca superar estas limitaciones y brindar una experiencia más completa y satisfactoria tanto para los artesanos como para los visitantes de la feria virtual.

3.2. Solución Propuesta

En el marco de este trabajo de título, se llevará a cabo una ampliación y mejora significativa de la Feria Artesanal 3D, tomando como base la versión desarrollada previamente por Danixa Hills. El objetivo principal es optimizar el rendimiento y enriquecer la experiencia del usuario mediante la implementación de nuevas funcionalidades. Para lograrlo, se realizará una migración hacia el motor de videojuegos Unity, lo que implica una reconstrucción completa de la feria desde sus cimientos. Se dedicará especial atención al rediseño del front-end para adaptarlo de manera eficiente a la nueva tecnología, garantizando una experiencia visualmente atractiva y fluida. Se explorarán diversas herramientas que permitan crear modelos 3D de forma sencilla y eficaz. Se implementará la pasarela de pagos PayPal [37], asegurando así un sistema seguro y confiable para que los visitantes puedan realizar compras directamente desde la feria. Además, se llevará a cabo un estudio de usabilidad de la plataforma utilizando NASA-TLX [24], con el fin de obtener retroalimentación de los usuarios sobre ciertas funciones del sistema y tomar acciones en pro de la usabilidad. Con estas mejoras, la Feria Artesanal 3D se posicionará como una plataforma interactiva e inmersiva, ofreciendo una experiencia única a los usuarios y brindando nuevas oportunidades para el comercio de piezas artesanales.

3.3. Objetivos

En esta sección se definen los objetivos necesarios para llevar a cabo el producto final. Hay dos tipos de objetivos: **Objetivo General**, en donde se especifica el producto final y los **Objetivos Específicos**, los cuales definen las partes necesarias para alcanzar el objetivo general.

3.3.1. Objetivo General

- Desarrollar una extensión de la feria artesanal virtual 3D, con una interfaz mejorada y soportada por pruebas de usabilidad.

3.3.2. Objetivos Específicos

1. **Mejorar** la interfaz a través de una reingeniería del frontend
2. **Facilitar** la digitalización de los modelos 3D.
3. **Proveer** un mecanismo de pago mediante la integración de un módulo de pago.
4. **Incorporar** un estudio de usabilidad de la plataforma.

3.4. Metodología

La metodología a utilizar en este Trabajo de Título es la iterativa [39]. Un proceso iterativo nos permite elaborar, refinar y mejorar un proyecto. Los equipos que usan procesos de desarrollo iterativos crean, prueban y hacen revisiones hasta que se sienten satisfechos con el resultado final. Dicho esto, esta metodología nos permite dividir la planificación de desarrollo en una serie de periodos llamados iteraciones, las cuales nos ayudarán a reducir el riesgo del proyecto, ya que en cada iteración se refina lo realizado en la iteración anterior. De esta forma, se produce una dinámica en donde se va refinando y mejorando el producto obtenido mediante las iteraciones, hasta completar el total de iteraciones planificadas.

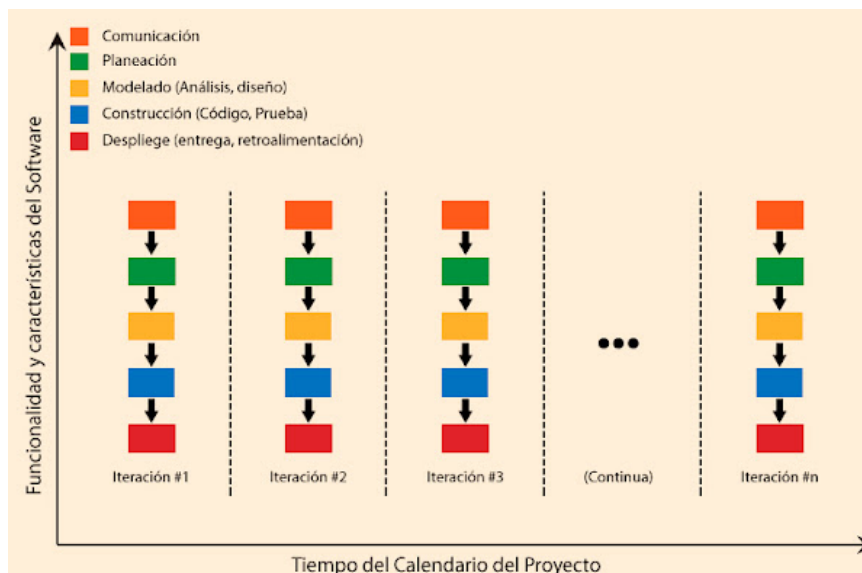


Figura 3.1: Metodología iterativa [40]

Como se puede ver en la Figura 3.1, las actividades estructurales se aplican de forma iterativa a lo largo del proyecto, es decir, se ejecutan hasta completar el número de iteraciones del proyecto. Al final de cada iteración se obtiene una versión mejorada o con mayores

funcionalidades del producto.

Una de las ventajas de esta metodología y el motivo de su elección es que no hace falta que los requisitos estén totalmente definidos al inicio del desarrollo, estos se pueden ir refinando a medida que avanzan las iteraciones, ya que contamos con una constante retroalimentación a través de las reuniones o comunicaciones.

3.5. Especificación de Requerimientos

En esta sección se detallan los requerimientos para el desarrollo del problema, clasificados en requerimientos funcionales y no funcionales. El enfoque está puesto en los requerimientos destinados al cliente (RF-001 al RF-009), con el objetivo de trabajar en la ampliación y mejora significativa de la feria artesanal 3D. Cabe destacar que los requerimientos restantes están presentes en los anexos.

3.5.1. Requerimientos Funcionales

ID	Requerimiento	Descripción
RF-001	Recorrido de la feria artesanal 3D	La plataforma debe permitir al cliente navegar virtualmente por la feria artesanal.
RF-002	Mapa referencial	La plataforma debe contar con un mini mapa referencial para ver la distribución de los puestos artesanales y ver en cuál está ubicado el cliente.
RF-003	Visualizar puestos artesanales	La plataforma debe permitir que el cliente pueda visualizar los puestos artesanales disponibles.
RF-004	Visualizar piezas artesanales en los puestos artesanales	La plataforma debe permitir que el cliente pueda visualizar las piezas artesanales principales en la ubicación determinada por el artesano.
RF-005	Ingresar al puesto artesanal	La plataforma debe permitir al cliente ingresar a un puesto artesanal y ver los productos disponibles.

RF-006	Visualizar detalles de una pieza artesanal	La plataforma debe permitir al cliente seleccionar una pieza artesanal y ver su descripción, el objeto 3D y la información de contacto del artesano.
RF-007	Consultar el catálogo de piezas artesanales	La plataforma debe ofrecer un catálogo con todas las piezas artesanales disponibles.
RF-008	Visualizar las piezas artesanales del catálogo	Cuando el cliente seleccione una pieza artesanal en el catálogo, el sistema debe mostrar la descripción y el modelo 3D.
RF-009	Comprar una pieza artesanal	La plataforma debe permitir al cliente comprar una pieza artesanal.

Tabla 3.1: Requerimientos funcionales del Cliente

3.5.2. Requerimientos No Funcionales

ID	RNF-001
Requerimiento	Portabilidad
Descripción	La plataforma debe adaptarse en navegadores de dispositivos móviles y de escritorio

Tabla 3.2: Requerimiento no funcional RNF-001

ID	RNF-002
Requerimiento	Usabilidad
Descripción	La plataforma debe ser diseñada de manera que el usuario no experimente esfuerzos físicos ni mentales durante su utilización

Tabla 3.3: Requerimiento no funcional RNF-002

ID	RNF-003
Requerimiento	Eficiencia de desempeño
Descripción	La plataforma debe utilizar los recursos eficientemente

Tabla 3.4: Requerimiento no funcional RNF-003

ID	RNF-004
Requerimiento	Mantenibilidad
Descripción	La plataforma debe permitir cambios en un componente con un impacto mínimo en los demás componentes.

Tabla 3.5: Requerimiento no funcional RNF-004

ID	RNF-005
Requerimiento	Fiabilidad
Descripción	La plataforma debe estar siempre disponible.

Tabla 3.6: Requerimiento no funcional RNF-005

ID	RNF-006
Requerimiento	Seguridad
Descripción	La pasarela de pagos debe garantizar la seguridad de las transacciones realizadas por los usuarios.

Tabla 3.7: Requerimiento no funcional RNF-006

ID	RNF-007
Requerimiento	Robustez
Descripción	La plataforma debe ser capaz de mantener su funcionamiento adecuado en situaciones adversas o inesperadas.

Tabla 3.8: Requerimiento no funcional RNF-007

3.6. Funcionalidades del Sistema

3.6.1. Diagramas de Casos de Uso

Se muestra a continuación el diagrama de casos de uso que detalla las funcionalidades destinadas al cliente, identificado como la Figura 3.2. Para visualizar el diagrama de casos de uso correspondiente al artesano y administrador, se encuentra disponible en los anexos adjuntos.

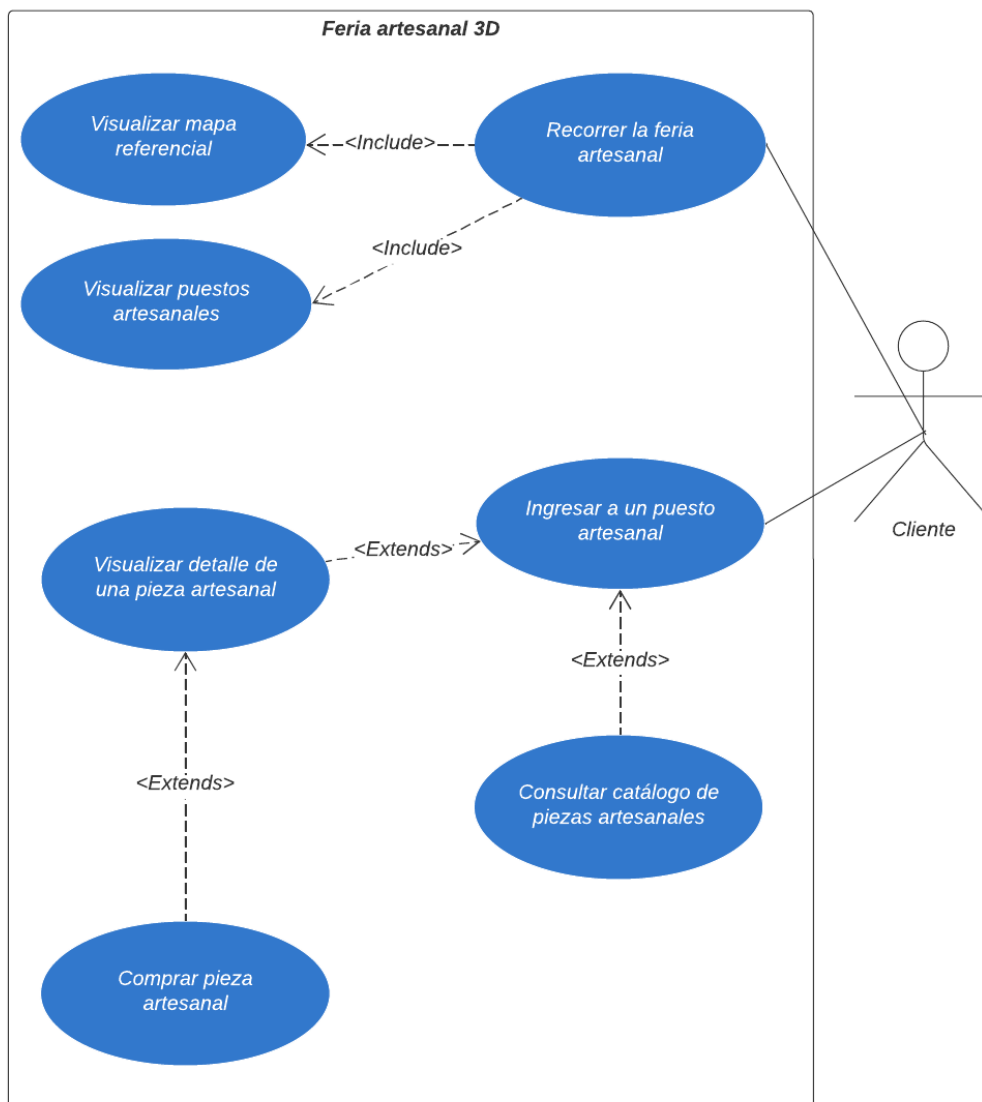


Figura 3.2: Diagrama de casos de uso - Cliente

3.6.2. Casos de Uso

Los siguientes casos de uso detallan las funciones destinadas al cliente. Las funcionalidades correspondientes al artesano y administrador se describen en los anexos.

Nombre	CU-001 - Recorrer la feria artesanal
Actor	Cliente
Descripción	El cliente navega por la feria artesanal.
Precondiciones	-
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none">1. El cliente ingresa a la plataforma.2. El sistema carga la representación virtual y el mapa de la feria artesanal.3. El cliente puede recorrer la feria artesanal.
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none">2.1 En caso de que el sistema no cargue la representación virtual, se muestra un mensaje de error en pantalla.
Postcondiciones	El cliente puede navegar en la feria artesanal.

Tabla 3.9: Caso de uso CU-001

Nombre	CU-002 - Ingresar a un puesto artesanal
Actor	Cliente
Descripción	El cliente puede ingresar a un puesto artesanal.
Precondiciones	-
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El cliente se mueve hacia un puesto artesanal para ingresar. 2. El sistema despliega todas las piezas artesanales disponibles del puesto artesanal. 3. El sistema ofrece en cada pieza artesanal un acceso a su detalle de una pieza artesanal (Ref. CU-003).
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2.1 El sistema no encuentra las piezas artesanales asociadas al puesto. 2.2 El sistema despliega un mensaje de error.
Postcondiciones	El cliente visualiza todas las piezas artesanales.

Tabla 3.10: Caso de uso CU-002

Nombre	CU-003 - Ver detalle de una pieza artesanal
Actor	Cliente
Descripción	El cliente puede ver los detalles de una pieza artesanal en específico.
Precondiciones	El cliente debe haber ingresado a un puesto artesanal (Ref. CU-002).
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El cliente selecciona una pieza artesanal en el puesto artesanal. 2. El sistema despliega la descripción de la pieza artesanal seleccionada. 3. El sistema despliega el modelo 3D de la pieza artesanal seleccionada.
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2.1 En caso de error al obtener los datos de la pieza artesanal el sistema entregará un mensaje de error.
Postcondiciones	El cliente visualiza el detalle de una pieza artesanal.

Tabla 3.11: Caso de uso CU-003

Nombre	CU-004 - Ver catálogo de piezas artesanales
Actor	Cliente
Descripción	El cliente puede acceder al catálogo de todas las piezas artesanales.
Precondiciones	El cliente debe haber ingresado a un puesto artesanal (Ref. CU-002).
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El cliente selecciona el catálogo. 2. El sistema despliega todas las piezas artesanales. 3. El sistema ofrece en cada pieza artesanal un acceso a su detalle de una pieza artesanal (Ref- CU-003).
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 2.1 En caso de error al obtener los datos de las piezas artesanales el sistema entregará un mensaje de error.
Postcondiciones	El cliente visualiza todas las piezas artesanales disponibles en el catálogo.

Tabla 3.12: Caso de uso CU-004

Nombre	CU-005 - Comprar pieza artesanal
Actor	Cliente
Descripción	El cliente puede comprar una pieza artesanal.
Precondiciones	El cliente debe haber ingresado al detalle de una pieza artesanal (Ref. CU-003).
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El cliente selecciona el botón comprar en el detalle de una pieza artesanal. 2. El sistema crea un enlace de PayPal con la compra a realizar y lo abre en el navegador. 3. El sistema muestra un mensaje de compra en espera. 4. El cliente completa la compra desde PayPal. 5. El sistema muestra un mensaje de compra exitosa.
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 4.1 En caso de error al completar la compra el sistema entregará un mensaje de error.
Postcondiciones	El cliente compra la pieza artesanal.

Tabla 3.13: Caso de uso CU-005

3.6.3. Diagramas de Secuencia

Se presentan a continuación los principales diagramas de secuencia de la plataforma. Además en el anexo [A.4](#) se pueden visualizar los diagramas de secuencias restantes.

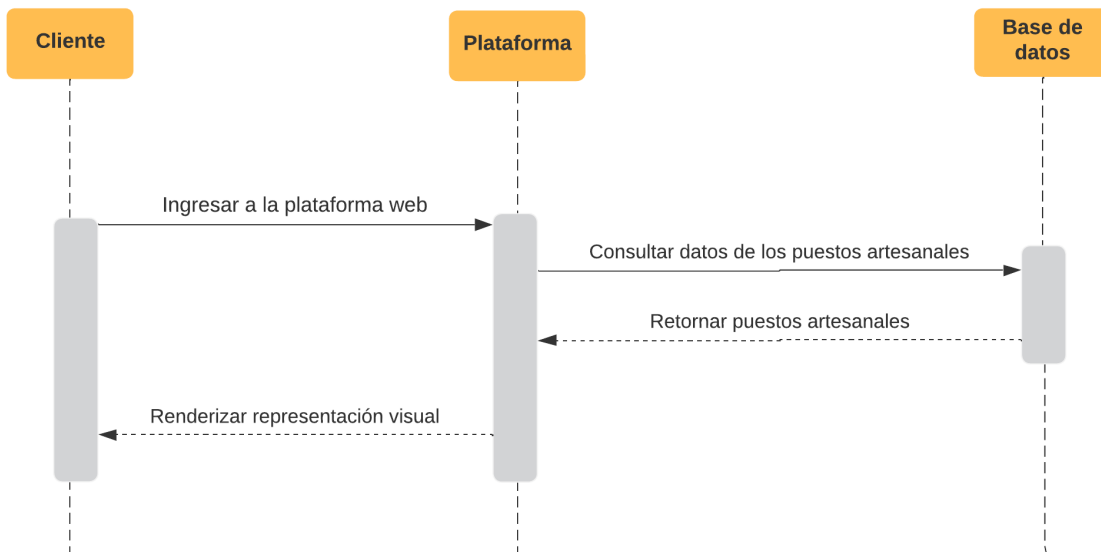


Figura 3.3: Diagrama de secuencia CU-001

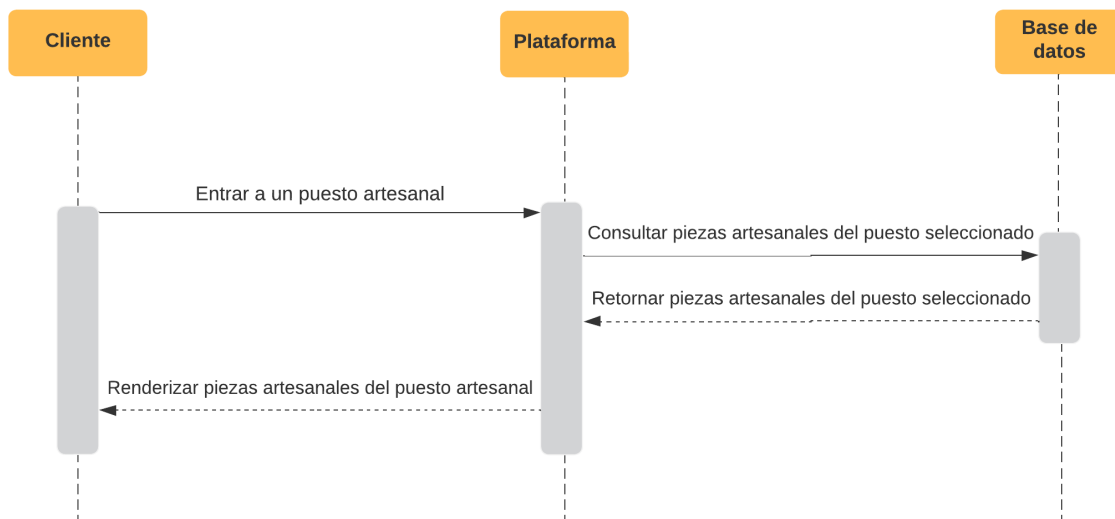


Figura 3.4: Diagrama de secuencia CU-002

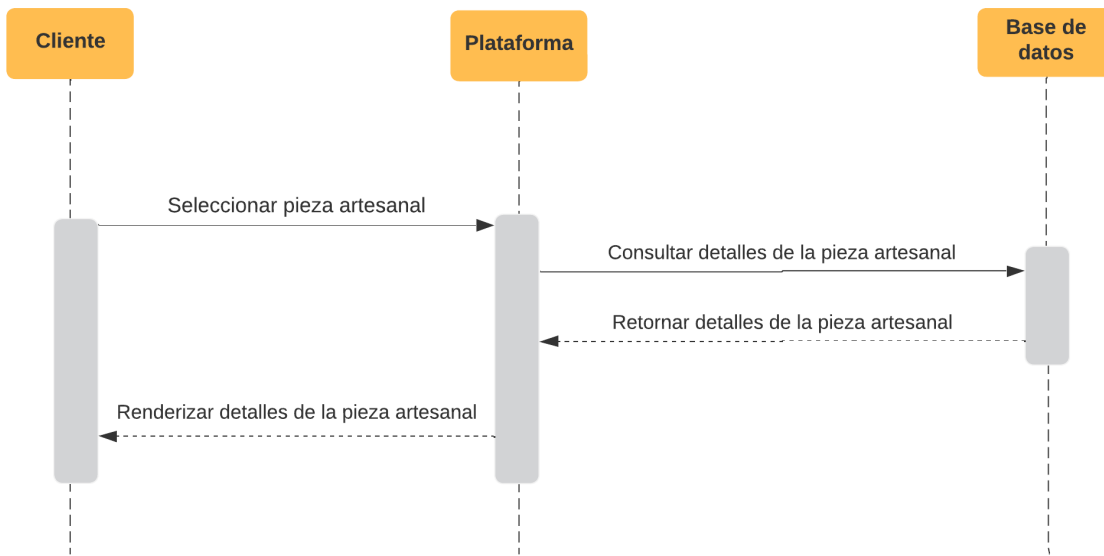


Figura 3.5: Diagrama de secuencia CU-003

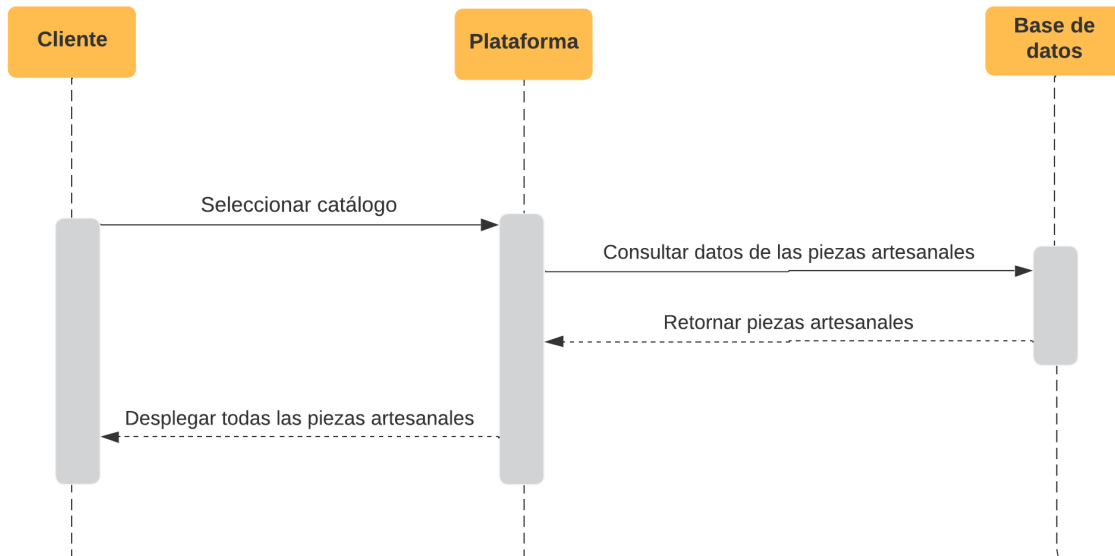


Figura 3.6: Diagrama de secuencia CU-004

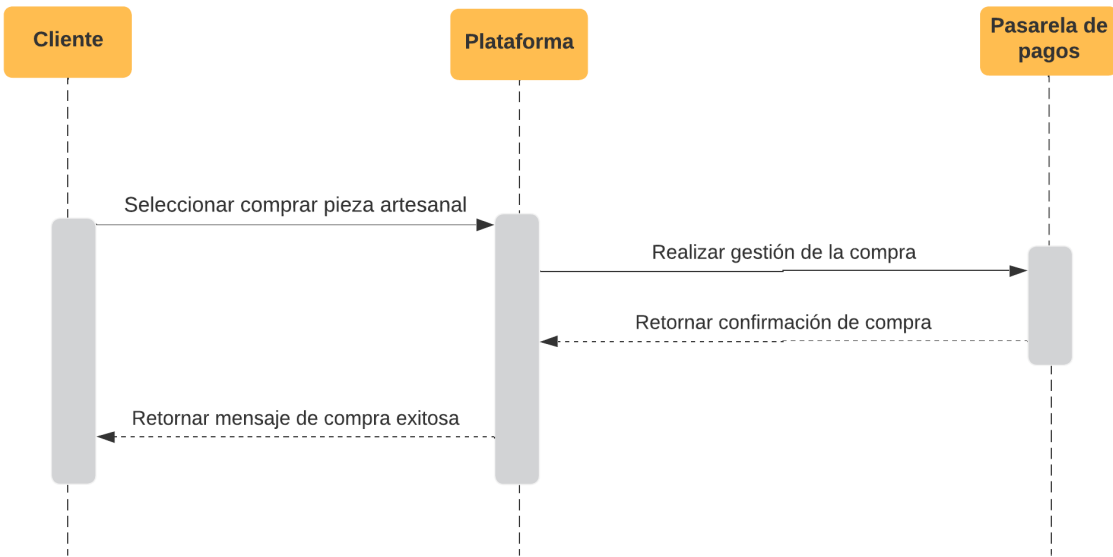


Figura 3.7: Diagrama de secuencia CU-005

3.6.4. Diagramas de Estado

En el siguiente diagrama (ver figura 3.8), el estado inicial es “artesano creado”. Al ser creado, el artesano pasa al estado “activo”, lo cual le permite al artesano crear su puesto artesanal y sus piezas artesanales. Sin embargo, el estado del artesano se puede actualizar a “inactivo” o “eliminado”.

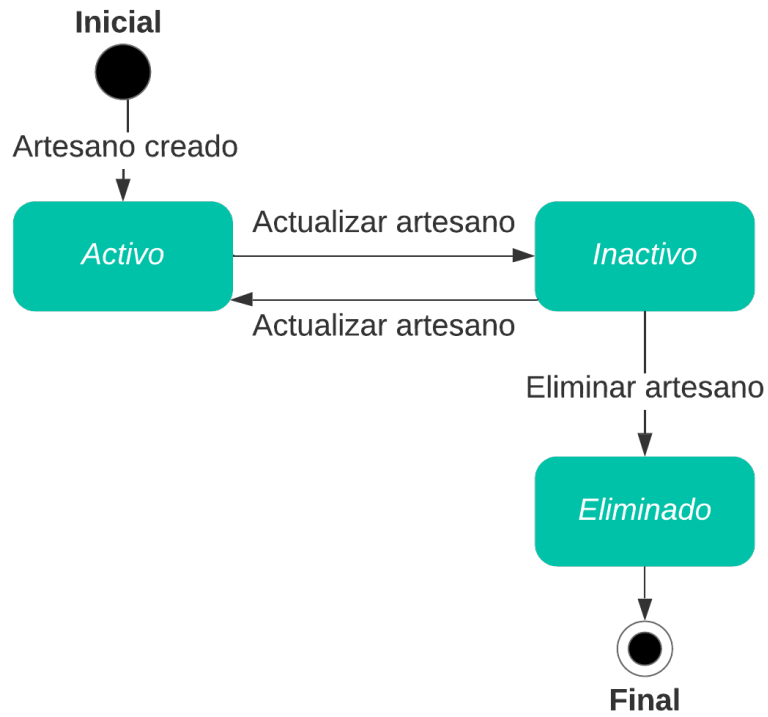


Figura 3.8: Diagrama de estado del artesano

En el siguiente diagrama (ver figura [3.9](#)), el estado inicial es “pieza artesanal creada”. Al ser registrada, la pieza artesanal pasa al estado “disponible”, lo cual permite que dicha pieza artesanal se vea en el puesto artesanal del artesano. Además, se puede actualizar el estado de la pieza artesanal a “no disponible” en caso de que el artesano no tenga más unidades o “eliminado” en caso de que el artesano ya no quiera vender esa pieza artesanal.

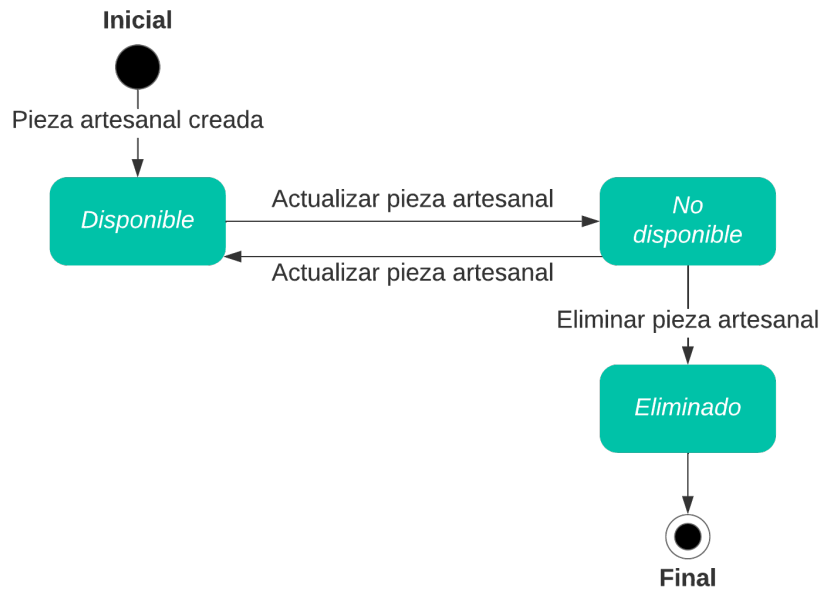


Figura 3.9: Diagrama de estado de la pieza artesanal

En el siguiente diagrama (ver figura [3.10](#)), el estado inicial es “puesto artesanal creado”. Al ser registrado, el puesto artesanal pasa al estado “activo”, lo que quiere decir que dicho puesto artesanal aparecerá en la feria artesanal. Además, se puede actualizar el estado del puesto artesanal a “inactivo”, de esta forma no aparecerá en la feria artesanal hasta que se vuelva a cambiar su estado a “activo” o “eliminado” en caso de que el artesano ya no quiera tener su puesto artesanal.

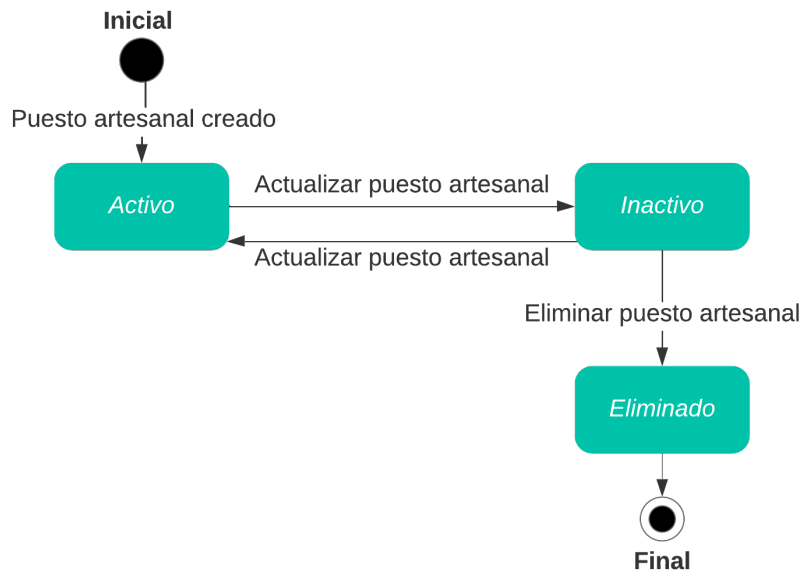


Figura 3.10: Diagrama de estado del puesto artesanal

3.6.5. Modelo Conceptual

Un modelo conceptual nos permite representar un sistema basándonos en conceptos que nos ayudan a comprender el sistema. A continuación se detalla el modelo conceptual de la plataforma.

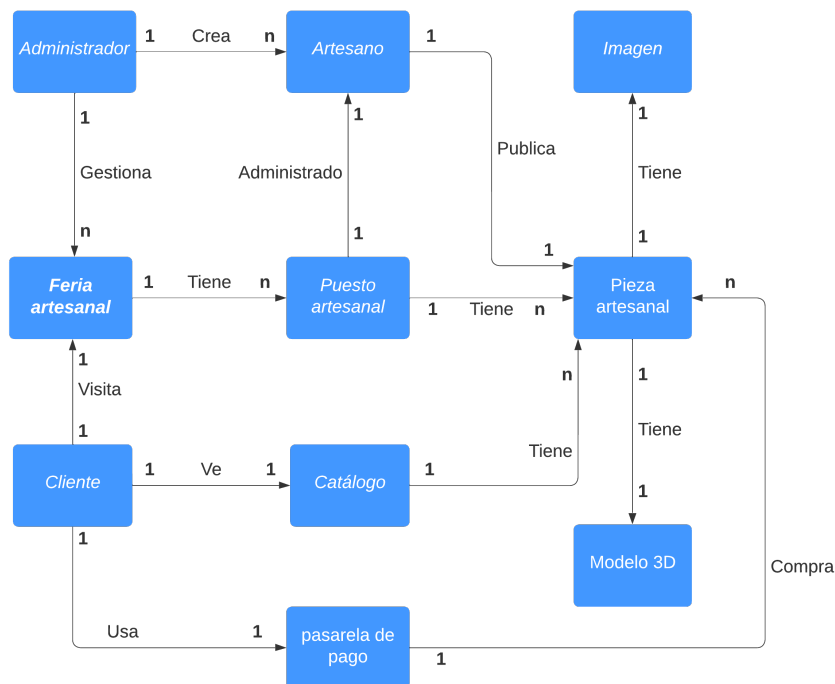


Figura 3.11: Modelo conceptual

Observando la figura [3.11](#), se puede analizar lo siguiente:

- **Administrador:** 1 administrador puede crear “N” cantidad de artesanos en el sistema y puede gestionar “N” cantidad de ferias artesanales.
- **Artesano:** 1 artesano puede publicar “N” cantidad de piezas artesanales.
- **Feria artesanal:** 1 feria artesanal tiene “N” cantidad de puestos artesanales.
- **Puesto artesanal:** 1 puesto artesanal tiene “N” cantidad de piezas artesanales y debe ser administrado por 1 artesano.
- **Pieza artesanal:** 1 pieza artesanal tiene 1 imagen que la representa y 1 modelo 3D que será usado dentro del entorno virtual.
- **Cliente:** 1 cliente puede visitar 1 feria artesanal, puede ver 1 catálogo y puede usar 1 pasarela de pagos.
- **Catálogo:** 1 catálogo tiene “N” cantidad de piezas artesanales.
- **Pasarela de pago:** 1 pasarela de pagos puede gestionar la compra de “N” cantidad de piezas artesanales.

Capítulo 4

Diseño

En la siguiente sección, se documenta el diseño de la aplicación. En ella se puede encontrar el diseño arquitectónico, diseño lógico, diseño de datos, diseño de interfaz y diseño de pruebas, descritas a partir de la especificación de requerimientos vistos anteriormente.

4.1. Diseño Arquitectónico

El diseño arquitectónico define como está organizado el sistema, describiendo las tecnologías utilizadas para el desarrollo y el flujo de datos basado en el modelo de tres capas.

4.1.1. Tecnologías utilizadas

- **Unity** [41]: Es un motor de desarrollo utilizado para crear videojuegos, que proporciona a los desarrolladores una variedad de funciones. También se ha utilizado en proyectos de realidad virtual, arquitectura y diseño, así como en la edición y vista previa de miniserias.
- **Nodejs** [42]: Entorno de ejecución de JavaScript orientado a eventos asíncronos que está diseñado para crear aplicaciones network escalables, este se utilizará para la interacción y manejo del contenido del sistema en conjunto con ExpressJS y sequelize que es una OMR para el manejo con la base de datos.
- **MySQL** [43]: MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional y está considerada como la base de datos de código abierto más popular del mundo.

4.1.2. Flujo de datos / Vista de alto nivel

Se propone utilizar la arquitectura cliente-servidor basada en un modelo de tres capas, la capa de presentación, capa de negocio y capa de datos, como se muestra en la Figura 4.1

- **Capa de presentacion o Frontend:** Se encarga de que el sistema interactúe con el usuario y viceversa, muestra el sistema al usuario, le presenta las interfaces y el contenido visible. En nuestro caso para el cliente y artesano. Además, se encarga de conectar y comunicarse con la capa de negocios.
- **Capa de negocio o Backend:** Es en donde residen las funciones que se ejecutan, se reciben las peticiones del usuario, se procesa la información y se envían las respuestas tras el proceso. Se denomina capa de negocios porque es aquí donde se establecen todas las reglas que deben cumplirse. Esta capa se comunica con la capa de presentación, para recibir las solicitudes y presentar los resultados, y con la capa de datos, para solicitar a la base de datos almacenar o recuperar datos de él.
- **Capa de datos:** Es la encargada de almacenar datos del sistema y de los usuarios. Su función es almacenar y devolver datos a la capa de negocio.

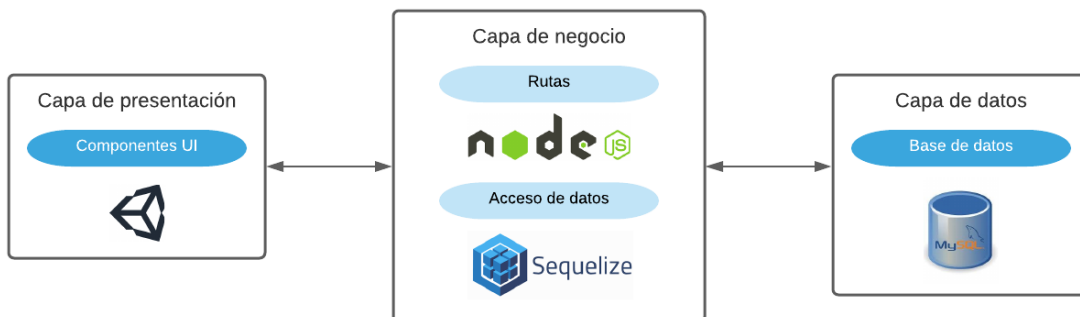


Figura 4.1: Arquitectura de tres capas

4.2. Diseño Lógico

En el diseño lógico se presenta la lógica y estructura de alto nivel de la plataforma mediante el diagrama de despliegue, diagrama de componentes y diagrama de clases.

4.2.1. Diagrama de despliegue

Los diagramas de despliegue (DD) nos facilitan la comunicación entre el hardware y el software. Es decir, es un mapeo de los distintos elementos que participan en el desarrollo, considerando elementos de software y hardware.

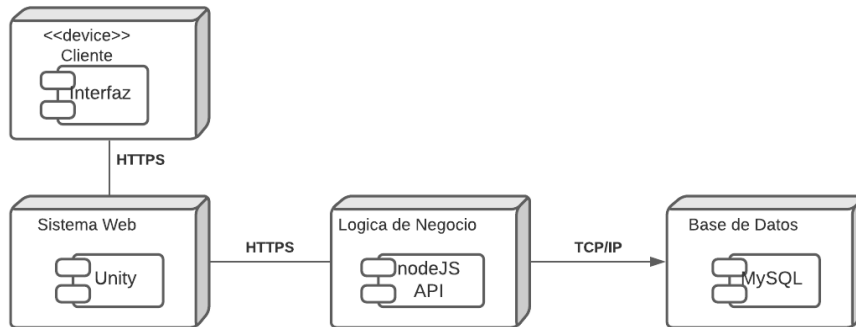


Figura 4.2: Diagrama de Despliegue

En la Figura 4.2, se muestra el despliegue ideal del sistema (feria 3D), el cual parte por el cliente, el cual se conectará al sistema web unity mediante un dispositivo, el cual puede ser tanto computador como celular. Además, tenemos la lógica de negocios, la cual se encargará de recibir las peticiones realizadas por el cliente y solicitar a la base de datos la información correspondiente.

4.2.2. Diagrama de componentes

Los diagramas de componentes se utilizan para visualizar la organización de los componentes del sistema, las relaciones de dependencia que existen entre estos y además proporcionan una visión de alto nivel de los componentes de un sistema. A continuación, en la Figura 4.3, se presenta el diagrama de componentes de la plataforma:

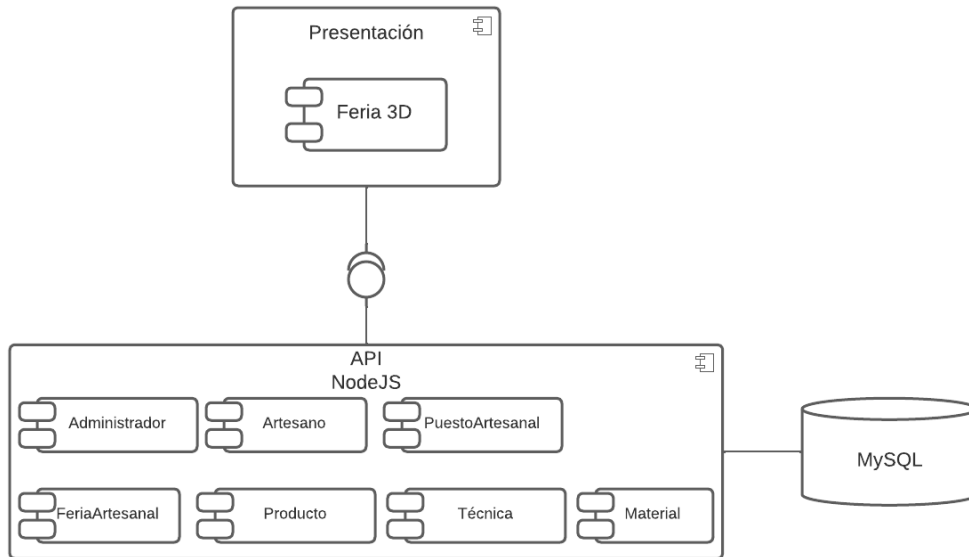


Figura 4.3: Ejemplo Diagrama de Componentes

Como se puede apreciar en la Figura 4.3, los componentes de la capa de presentación (Feria 3D) nos ofrecen una interfaz web, con la cual haremos distintas peticiones a los componentes de nuestra API para obtener datos de la base de datos. Por un lado, tenemos al componente **Feria 3D**, el cual hace referencia a todo nuestro entorno virtual 3D, el cual abarca la feria artesanal, puestos artesanales, piezas artesanales y todos los demás modelos 3D utilizados. Este componente **Feria 3D** necesita obtener información de la base de datos para mostrar los puestos artesanales, piezas artesanales, información del artesano, entre otras cosas. Para ello, tiene que hacer peticiones al componente API de nuestro sistema. Este componente se divide en distintos subcomponentes, **Administrador**, **Artesano**, **PuestoArtesanal**, **Producto**, **FeriaArtesanal**, **Técnica** y **Material**. Estos subcomponentes se encargarán de obtener su respectiva información de la base de datos **MySQL** utilizada en nuestro sistema.

4.2.3. Diagrama de clases

El Diagrama de clase nos ayuda a mostrar una estructura preliminar del desarrollo de cualquier software. En el contexto de la implementación de la feria artesanal 3D, se ha desarrollado un extenso conjunto de clases que abarcan distintos aspectos de la aplicación. Para mejorar la claridad y la comprensión de la estructura del software, se ha optado por organizar estas clases en varios sectores temáticos dentro del diagrama de clases. Cada sector representa un conjunto de clases relacionadas que desempeñan un papel específico

en su respectiva área de funcionalidad. Estos sectores incluyen el sector **PLAYER**, que comprende las clases vinculadas al control del personaje del jugador; el sector **CÁMARA**, que se enfoca en las interacciones y características relacionadas con la cámara principal; el sector **ESCENA FERIA ARTESANAL**, que aborda la lógica y elementos de la escena general de la feria; el sector **ESCENA PUESTO ARTESANAL**, que se concentra en las clases relacionadas con los puestos artesanales; el sector **CAMBIO DE ESCENA** que contiene la lógica para cambiar la escena feria artesanal en relación a las técnicas (tallado, cestería, etc) o cambiar a la escena puesto artesanal; y, finalmente, el sector **PAYPAL**, que incluye todas las clases que gestionan la integración de la pasarela de pagos PayPal. Si bien existe cierta interconexión entre estos sectores, esta organización temática facilita la comprensión y el análisis de la estructura del software, destacando las relaciones relevantes entre clases mientras elimina la complejidad innecesaria.

El diagrama de clases de la figura [4.4](#) muestra los sectores de **PLAYER**, **CAMBIO DE ESCENA** y **ESCENA FERIA ARTESANAL**. El diagrama de clases de la figura [4.5](#) muestra los sectores de **CÁMARA**, **ESCENA PUESTO ARTESANAL** y **PAYPAL**.

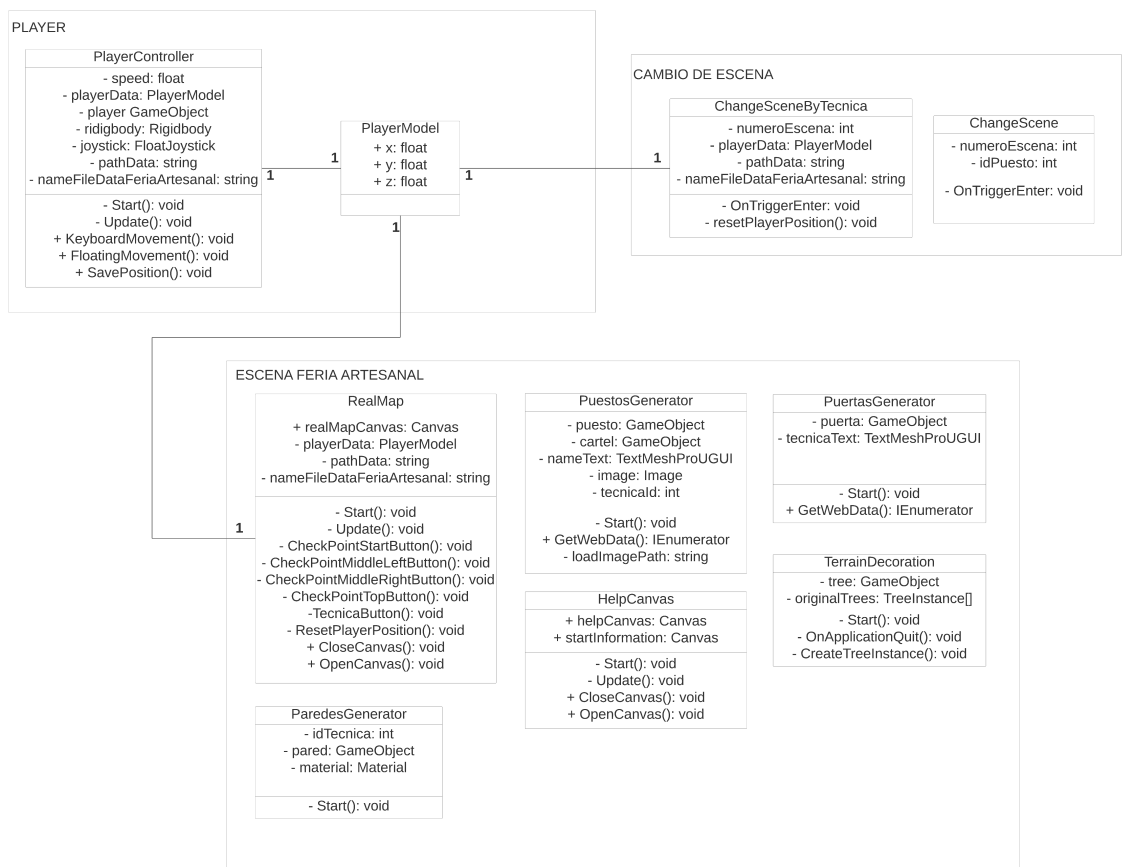


Figura 4.4: Diagrama de Clases parte 1

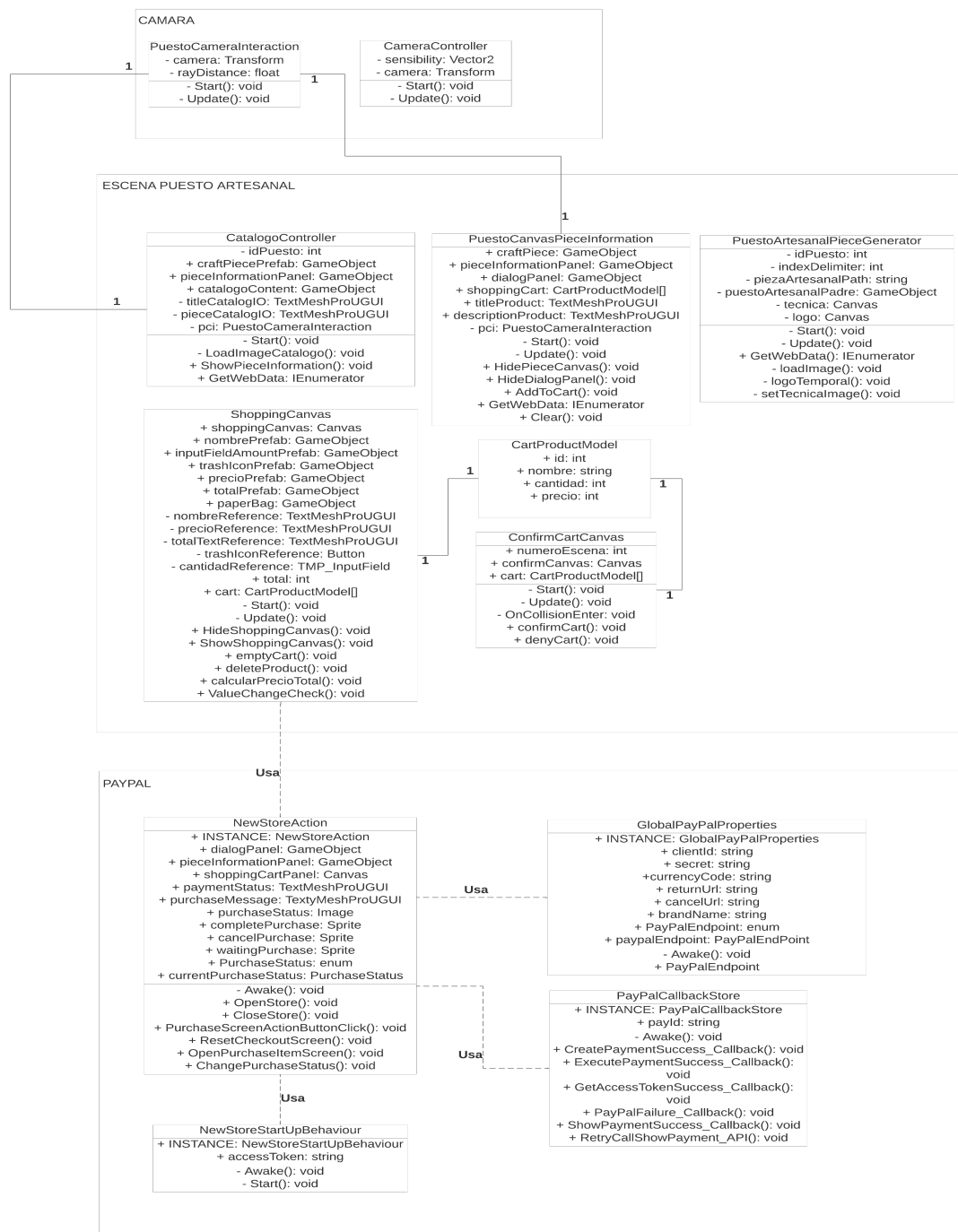


Figura 4.5: Diagrama de Clases parte 2

4.3. Diseño de Datos

En el diseño de datos se puede encontrar el diagrama entidad relación, modelo relacional y diccionario de datos de la plataforma.

4.3.1. Diagrama Entidad Relación

En la Figura 4.6 se presenta el diagrama entidad-relación, el cual consta de siete entidades, las cuales son: administrador, feria_artesanal, artesano, puesto_artesanal, tecnica, producto y material.

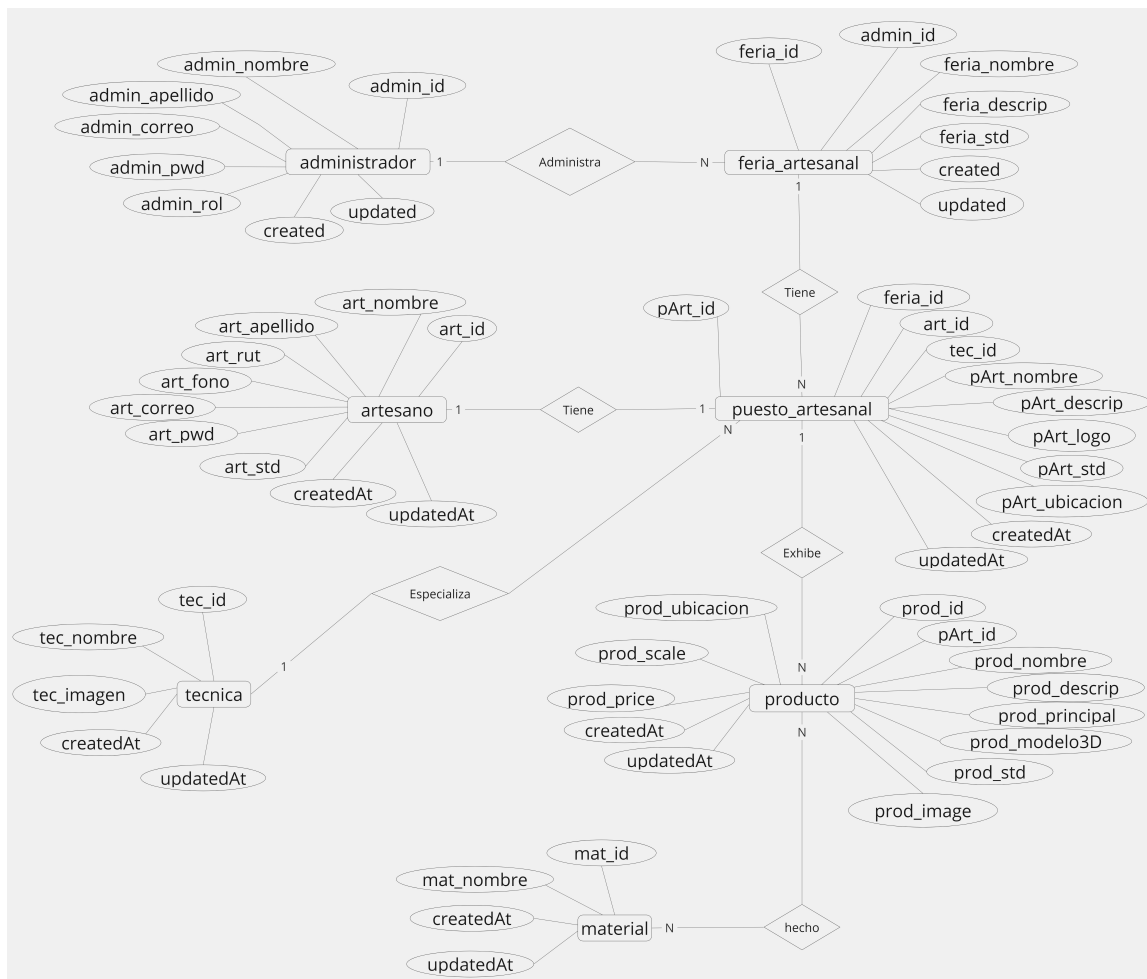


Figura 4.6: Diagrama entidad-relación

A continuación se explicarán las entidades:

- **administrador:** Es el encargado de administrar una o más ferias artesanales.
- **feria_artesanal:** Es el lugar en donde se mostrarán uno o más puestos artesanales.
- **puesto_artesanal:** Representan las tiendas, las cuales tendrán una técnica, uno o muchos productos y pertenecerán a un artesano.
- **tecnica:** Representan las técnicas que pueden tener los puestos artesanales (tallado, cestería, etc). Un puesto artesanal puede pertenecer a una técnica.
- **artesano:** Es el dueño de un puesto artesanal, el cual podrá tener un puesto artesanal.
- **producto:** Representan las piezas artesanales hechas por los artesanos.
- **material:** Son los materiales que componen una pieza artesanal. Una pieza artesanal podrá estar hecha de uno o más materiales.

4.3.2. Modelo Relacional

Un modelo relacional consiste en representar datos por medio de tablas relacionales. En la Figura 4.7 se presenta el modelo relacional que se generó a partir del diagrama entidad-relación del sistema web.

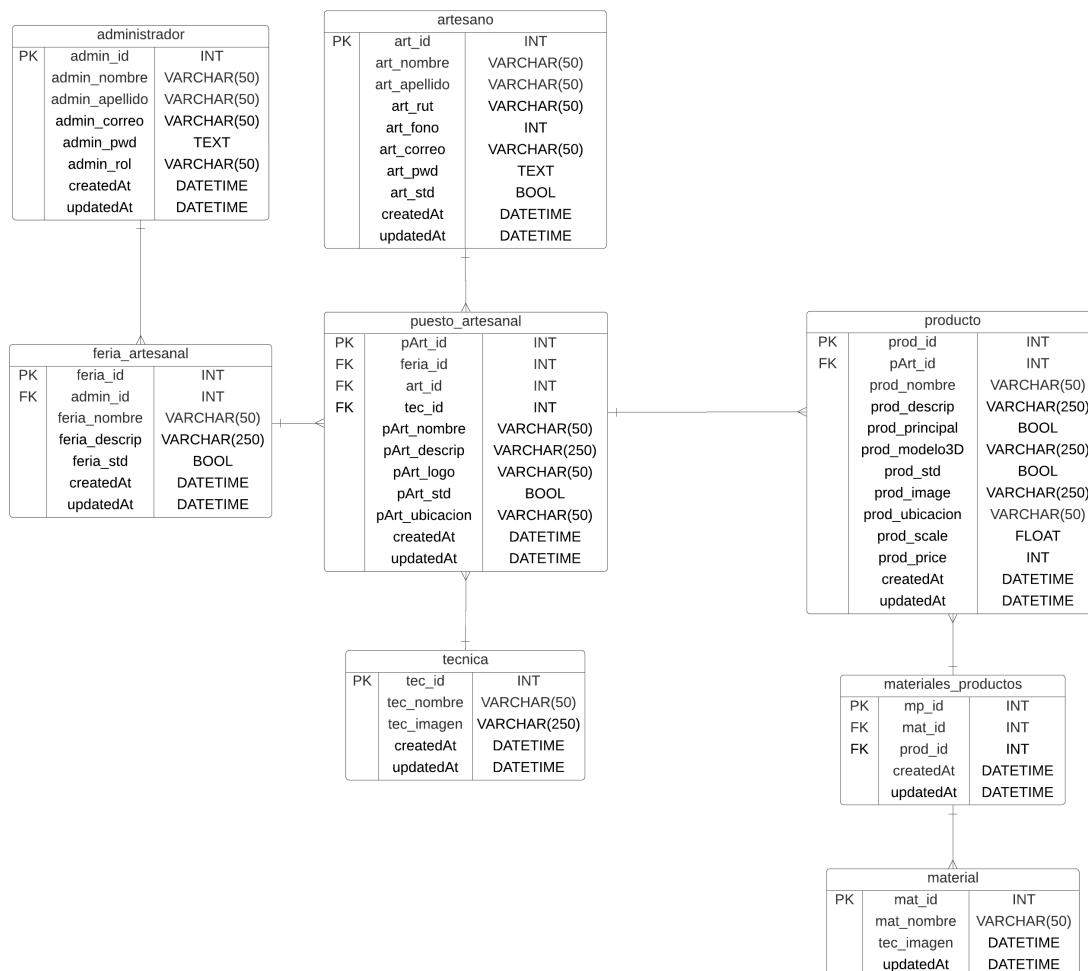


Figura 4.7: Modelo relacional

4.3.3. Diccionario de Datos

En esta sección se definen todos los atributos de una entidad y sus tipos de datos.

	artesano	
Campo	Tipo	Descripción
id	int	Identificador del artesano (PK).
nombre	varchar	Nombre del artesano.
apellido	varchar	Apellido del artesano.
rut	int	varchar del artesano.
telefono	int	Teléfono del artesano.

estado	int	Estado del artesano (activo o inactivo).
password	varchar	Contraseña del artesano.
email	varchar	Correo del artesano.
createdAt	date	Fecha de creación del artesano.
updatedAt	date	Fecha de actualización del artesano.

Tabla 4.1: Diccionario de datos - Artesano

	feria_artesanal	
Campo	Tipo	Descripción
id	int	Identificador de la feria artesanal (PK).
nombre	varchar	Nombre de la feria artesanal.
descripción	varchar	Descripción de la feria artesanal.
createdAt	date	Fecha de creación de la feria artesanal.
updatedAt	date	Fecha de actualización de la feria artesanal.

Tabla 4.2: Diccionario de datos - Feria artesanal

	puesto_artesanal	
Campo	Tipo	Descripción
id	int	Identificador del puesto artesanal (PK).
id_feria	int	Identificador de la feria artesanal (FK).
id_artesano	int	Identificador del artesano (FK).
tecnica	varchar	Nombre de la técnica.
nombre	varchar	Nombre del puesto artesanal.
descripcion	varchar	Descripción del puesto artesanal.
logo	varchar	Logo del puesto artesanal.
ubicacion	int	Ubicación del puesto artesanal.
createdAt	date	Fecha de creación del puesto artesanal.
updatedAt	date	Fecha de actualización del puesto artesanal.

Tabla 4.3: Diccionario de datos - Puesto artesanal

pieza_artesanal		
Campo	Tipo	Descripción
id	int	Identificador de la pieza artesanal (PK).
id_puesto_artesanal	int	Identificador del puesto artesanal (FK).
nombre	varchar	Nombre de la pieza artesanal.
descripcion	varchar	Descripción de la pieza artesanal.
material	varchar	Nombre del material de la pieza artesanal.
objeto3d	varchar	Objeto 3D de la pieza artesanal.
estado	int	Estado de la pieza artesanal (disponible o no disponible).
principal	int	Pieza artesanal principal (si o no).
ubicacion	int	Ubicación de la pieza artesanal.
createdAt	date	Fecha de creación de la pieza artesanal.
updatedAt	date	Fecha de actualización de la pieza artesanal.

Tabla 4.4: Diccionario de datos - Pieza artesanal

4.4. Diseño de Interfaz

En esta sección se encuentra la arquitectura de la información y los prototipos de interfaces gráficas.

4.4.1. Arquitectura de la Información

La arquitectura de la información es una representación visual de la estructura y organización de la plataforma de feria artesanal. Esta arquitectura incluye las distintas instancias en las que el usuario interactúa con la plataforma, y muestra cómo los diferentes elementos y características de la plataforma están organizados y conectados entre sí. El árbol de nodos, visto en la figura 4.8, representa una vista general de la plataforma, desde las diferentes secciones de la feria hasta los distintos elementos y características de cada sección, proporcionando una visión clara de la estructura de la plataforma y las relaciones entre sus diferentes partes.

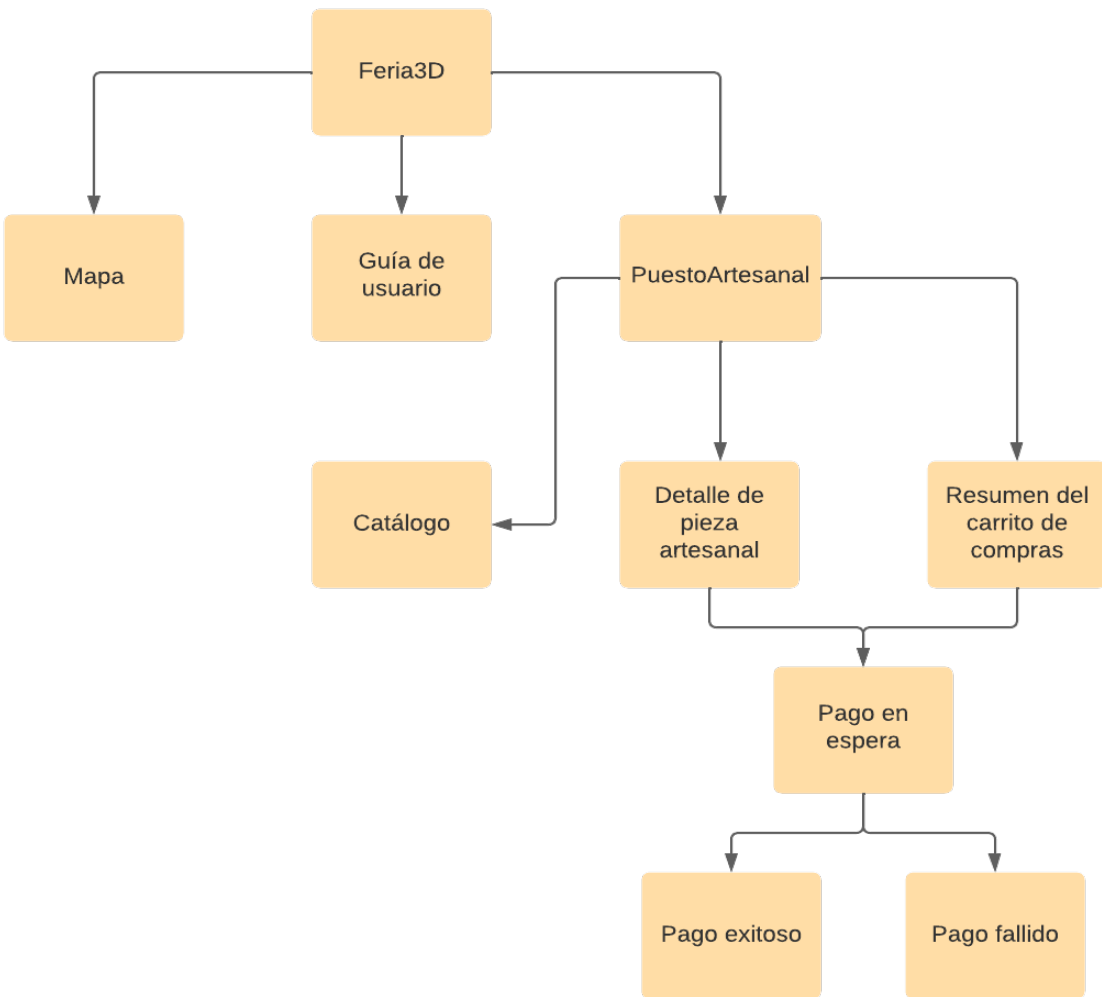


Figura 4.8: Arquitectura de la información

- **Feria3D:** Es la página principal de la aplicación que presenta una vista en 3D de la feria artesanal. Desde aquí se pueden acceder a los puestos artesanales en 3D, ver la interfaz del mapa y la guía de usuario.
- **Mapa:** Esta interfaz muestra un mapa de la feria artesanal con la ubicación de los diferentes puestos artesanales y las categorías.
- **Guía de usuario:** Esta interfaz proporciona información sobre cómo utilizar la aplicación y navegar por la feria artesanal en 3D.
- **PuestoArtesanal:** Esta página presenta una vista detallada en 3D de un puesto artesanal en particular. Aquí se pueden ver las interfaces de catálogo, detalle de pieza

artesanal, resumen del carrito de compras, pago en espera, pago exitoso y pago fallido.

- **Catálogo:** Esta interfaz muestra una lista de piezas artesanales que se venden en el puesto artesanal.
- **Detalle de pieza artesanal:** Esta interfaz presenta detalles de una pieza artesanal en particular, como el precio y la descripción. Además de un botón de compra.
- **Resumen del carrito de compras:** Esta interfaz muestra las piezas artesanales agregadas al carrito de compras y permite al usuario modificar o eliminar piezas artesanales antes de proceder al pago.
- **Pago en espera:** Esta interfaz se presenta cuando se inicia el proceso de pago. Aquí se muestra al usuario que el pago está en proceso.
- **Pago exitoso:** Esta interfaz se presenta cuando el pago se ha realizado correctamente. Se muestra al usuario un mensaje de confirmación.
- **Pago fallido:** Esta interfaz se presenta cuando el pago no se ha podido procesar correctamente. Aquí se muestra al usuario un mensaje de error y se le pide que intente realizar el pago nuevamente.

En resumen, la arquitectura de la información se basa en una jerarquía de páginas e interfaces que permiten al usuario acceder a la información y funcionalidad deseada de manera clara y organizada. Desde la página principal Feria3D, el usuario puede acceder a los puestos artesanales en 3D, el mapa y la guía de usuario. Al entrar a un puesto artesanal, el usuario es dirigido a la página PuestoArtesanal donde se presentan todas las interfaces relacionadas con las piezas artesanales en ese puesto. El uso del árbol de nodos ayuda a visualizar claramente la relación entre las diferentes páginas e interfaces.

4.4.2. Prototipos de Interfaces Gráficas

Los prototipos representan visualmente las interfaces y reflejan la estructura, diseño y funcionalidades que se implementarán en la feria virtual. Las siguientes imágenes ofrecen una visión detallada de las principales secciones de la feria, brindando una clara percepción de su apariencia y funcionamiento. Los demás prototipos se detallan en el anexo [A.5](#).

La figura [4.9](#) muestra el prototipo de la feria artesanal. En ella se pueden apreciar cuatro filas de puestos artesanales. Al final de las filas de puestos, se puede ver un pasillo que conduce a una nueva sección con puertas, que representan las diferentes técnicas de la feria a las que el usuario puede acceder.

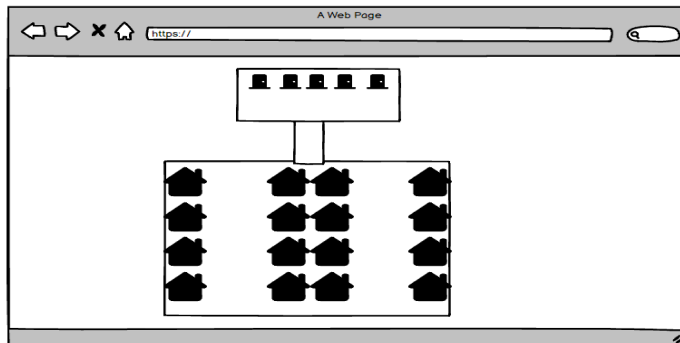


Figura 4.9: Prototipo de la feria 3D

El prototipo del detalle de una pieza artesanal, representado en la figura 4.10, muestra una pantalla dividida en dos secciones. A la izquierda se encuentra una imagen en 3D de la pieza artesanal, mientras que a la derecha se muestra una descripción detallada de la pieza artesanal, que incluye su nombre, precio y otras características relevantes. Debajo de la descripción, se encuentran tres botones que permiten al usuario comprar la pieza artesanal, agregarla al carrito de compras o cerrar la ventana.



Figura 4.10: Prototipo del detalle de una pieza artesanal

El prototipo de la figura 4.11 muestra el resumen del carrito de compras, donde se listan las piezas artesanales seleccionadas por el usuario y la información asociada a ellas, incluyendo su nombre, cantidad y precio individual. Además, se muestra el precio total de la compra y tres botones que permiten realizar acciones sobre el carrito de compras: comprar los productos en el carrito, vaciar el carrito o cerrar la interfaz.

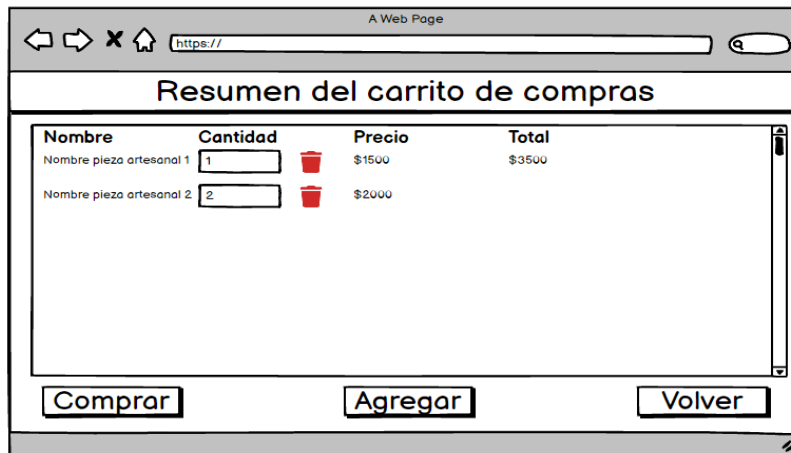


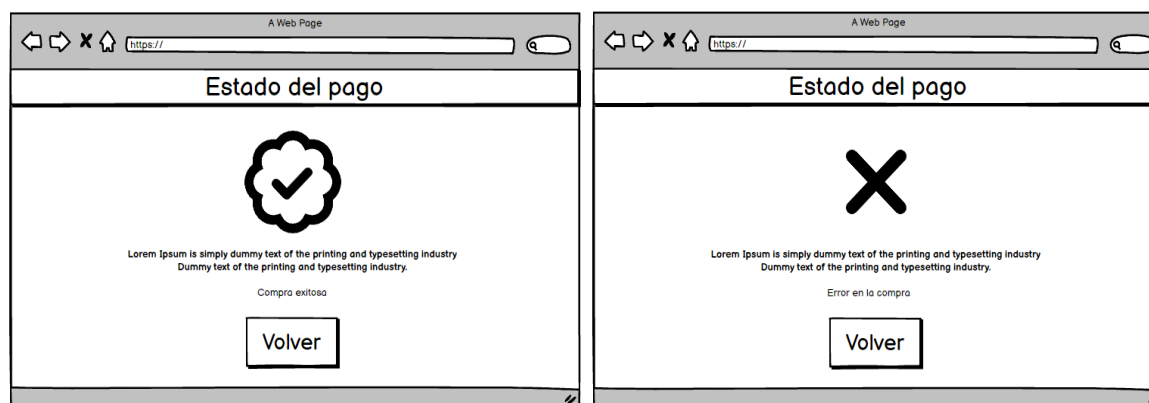
Figura 4.11: Prototipo del resumen del carrito de compras

El prototipo de pago en espera, representado en la figura 4.12, consta de un mensaje central que indica al usuario que su compra está en espera de ser procesada.



Figura 4.12: Prototipo del pago en espera

La figura 4.13 presenta dos prototipos diferentes, uno para el pago exitoso 4.13a y otro para el pago fallido 4.13b. Ambos prototipos tienen una estructura similar, con un encabezado que indica el estado del pago y una imagen ilustrativa en el centro. En el prototipo de pago exitoso, la imagen muestra un símbolo de marca de verificación y un mensaje de agradecimiento, mientras que en el prototipo de pago fallido, la imagen muestra un símbolo de equis y un mensaje de disculpa. Ambos prototipos tienen un botón de retorno a la página principal para que el usuario pueda continuar navegando en la tienda.



(a) Pago exitoso

(b) Pago fallido

Figura 4.13: Estado del pago

4.5. Diseño de Pruebas

4.5.1. Pruebas Unitarias

En esta sección, llevaremos a cabo las pruebas unitarias utilizando el método de caja negra [44] para validar el correcto funcionamiento de los componentes de la plataforma. En lugar de depender de herramientas de software automatizadas, adoptamos la estrategia de pruebas exploratorias [45], realizando evaluaciones prácticas de las funcionalidades implementadas sin analizar código por código de manera exhaustiva. Esta decisión implica probar las funcionalidades de manera manual y aislada, sin un conocimiento previo detallado de la implementación interna de cada fragmento de código. En lugar de seguir un plan de pruebas predefinido, nuestra estrategia se basa en la flexibilidad de explorar las diversas funcionalidades implementadas, probándolas de manera intuitiva y comprobando si producen los resultados esperados. En resumen, las pruebas exploratorias se llevaron a cabo mediante la interacción directa con las funcionalidades implementadas, comprobando su comportamiento y validando si cumplen con los requisitos esperados. Esta aproximación, aunque diferente de un análisis detallado de código, nos permitió adaptarnos dinámicamente a las características específicas de cada funcionalidad, descubriendo tanto errores obvios como sutilezas no anticipadas para garantizar la calidad del software.



Figura 4.14: Método de caja negra

Id	
Descripción	
Detalles de la prueba	
Entrada válida	
Salida esperada	
Entrada inválida	
Salida esperada	
Entrada vacía	
Salida esperada	

Tabla 4.5: Plantilla para pruebas unitarias

4.5.2. Pruebas de Integración

Las pruebas de integración son una técnica que se utiliza para comprobar que los diferentes módulos o componentes de un software funcionan correctamente juntos. Se trata de una etapa crucial en el proceso de desarrollo, ya que permite detectar problemas que no se pueden identificar en las pruebas unitarias. En este caso, se empleará la estrategia de integración "Bottom-up" [46], que consiste en ir integrando los módulos de menor nivel de complejidad y progresar gradualmente hacia los módulos de mayor complejidad.

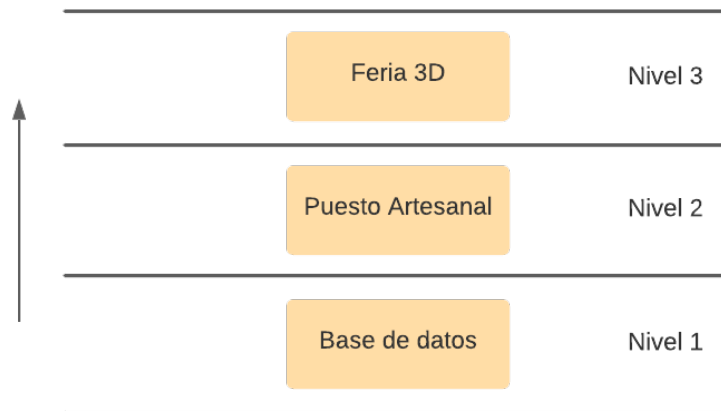


Figura 4.15: Pruebas de integración

4.5.3. Pruebas de Sistema

Las pruebas de sistema se realizan luego de que se hayan probado los componentes individuales y se hayan integrado, estas pruebas se enfocan en el comportamiento y las capacidades de todo un sistema, en donde permiten verificar que el sistema en desarrollo satisface sus requerimientos funcionales. En esta prueba se analizará el nivel de cumplimiento de los requerimientos funcionales, en la Tabla se presenta la plantilla de esta prueba, esta consta de un ID del requerimiento y el nivel de cumplimiento, este último se clasificará de acuerdo a los siguientes criterios:

- **Completo:** El requerimiento está implementado en su totalidad y no presenta ningún error.
- **Incompleto:** El requerimiento no está implementado en su totalidad y puede presentar errores.

Id Requerimiento	Nivel de cumplimiento

Tabla 4.6: Escala de puntuación

4.5.4. Pruebas de Aceptación

Las pruebas de aceptación tienen como propósito demostrar al usuario el cumplimiento de los requerimientos de la aplicación, donde se pone a prueba el software. Para

llevar a cabo estas pruebas, se creará una encuesta como se muestra en la imagen, que permitirá medir el grado de conformidad de los usuarios en relación con el funcionamiento de la plataforma, utilizando una escala del 1 al 5, como se puede ver en la Tabla 4.8.

Pruebas de aceptación	1	2	3	4	5
Cliente					
Se puede navegar a través de la feria 3D					
Es de utilidad el mapa referencial de la feria artesanal					
Es intuitiva la forma de acceder a un puesto artesanal					
Las piezas artesanales en el puesto artesanal se visualizan de forma clara					
Se puede visualizar el modelo 3D y el detalle de la pieza artesanal de manera fácil					
Se puede comprar una pieza artesanal de manera fácil					

Tabla 4.7: Formulario pruebas de aceptación

Muy en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Neutral	3
De acuerdo	4
Muy de acuerdo	5

Tabla 4.8: Escala de puntuación

Capítulo 5

Implementación

En esta sección, se describen los aspectos más relevantes de la implementación del sistema. Se presenta el software utilizado, el hardware empleado y el lenguaje de programación utilizado para desarrollar la solución propuesta. Además, se detallan las estrategias de implementación y las interfaces de usuario utilizadas. Cada subsección proporciona información detallada sobre los elementos que se han utilizado en la implementación del sistema.

5.1. Software utilizado

- **Unity3D** [41]: Motor de videojuegos multiplataforma utilizado para el desarrollo de la feria virtual 2.0.
- **Visual Studio** [47]: Es un entorno de desarrollo integrado (IDE), compatible con múltiples lenguajes de programación, entre ellos c#, el cual es el utilizado por Unity.

5.2. Hardware utilizado

En la implementación se utilizó el siguiente hardware:

- Notebook:
 - Sistema Operativo: Windows 11.
 - Procesador: i7-1065g7.
 - Tarjeta de video: gtx 1050 max-q.
 - Memoria RAM: 24GB.
 - Almacenamiento: SSD 512GB.

En las pruebas se utilizarán los siguientes dispositivos:

- Celular:
 - Sistema Operativo: Android 11.
 - Procesador: Snapdragon 860.
 - Tarjeta de video: Adreno 640.
 - Memoria RAM: 6GB.
 - Almacenamiento: 64GB.

- Tablet:
 - Sistema Operativo: Windows 10.
 - Procesador: Intel core m3 Séptima generación.
 - Tarjeta de video: Intel HD Graphics.
 - Memoria RAM: 4GB.
 - Almacenamiento: 64GB.

5.3. Lenguajes de programación

La elección de un motor de videojuegos para el desarrollo del entorno virtual en comparación con frameworks WebGL nos ofrece un mayor realismo y rendimiento, por lo que se tomó la decisión de utilizar uno de los motores de videojuegos más populares, Unity [48]. Dicho motor de videojuegos utiliza el lenguaje de programación C# [49] a modo de scripts para cada componente creado (ver Figura 5.1).

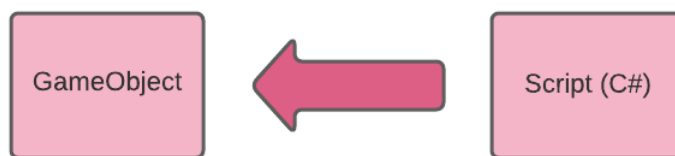


Figura 5.1: C# en GameObject

5.4. Estrategia de implementación

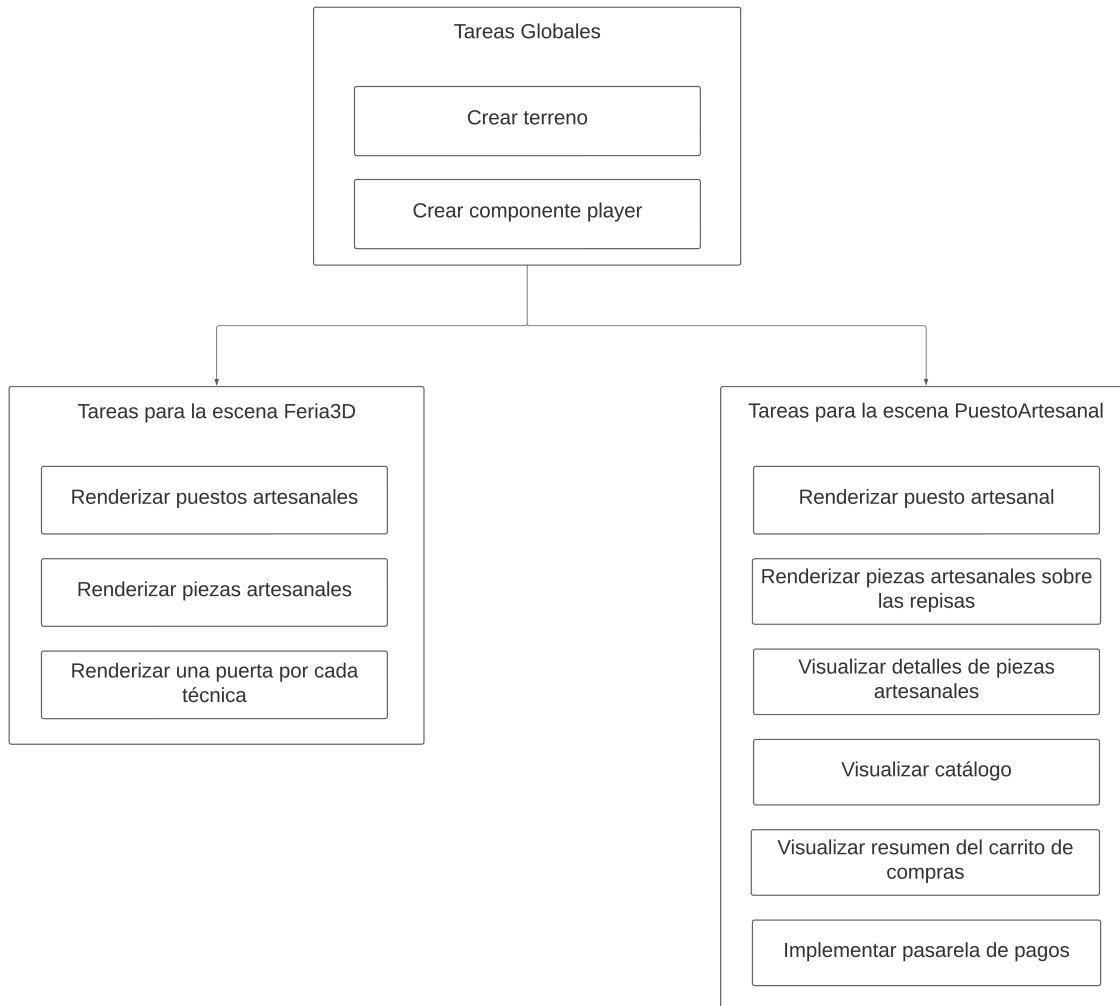


Figura 5.2: Estrategia de implementación

Como se puede ver en la figura [5.2](#), la creación de la aplicación se llevó a cabo en varias tareas organizadas en diferentes etapas, divididas por escenas. En la fase inicial, se abordaron las tareas globales que proporcionan los cimientos necesarios para el funcionamiento de las escenas. Esto incluyó la generación de un terreno para la renderización precisa de los puestos artesanales y objetos 3D. Además, se incorporó la lógica del jugador y la cámara, lo que habilitó a los usuarios a explorar el entorno y observar la perspectiva del jugador. Una vez completadas estas tareas globales, se continuó con las tareas específicas de

la escena Feria3D, que eran menos numerosas en comparación con la escena PuestoArtesanal. Durante esta fase, se implementó la funcionalidad para mostrar los puestos artesanales en sus ubicaciones correspondientes dentro de la feria. Esto implicó obtener datos desde la base de datos de los puestos artesanales de la técnica actual y representar objetos 3D para cada puesto. Cada puesto artesanal tiene su propia funcionalidad para cambiar a la escena PuestoArtesanal al entrar. Además, cada puesto contiene sus piezas artesanales principales, que se renderizan en sus repisas. Luego, en la escena PuestoArtesanal, se reutilizó el objeto 3D del puesto artesanal utilizado en la escena Feria3D, realizando las modificaciones necesarias para adaptarlo a esta nueva escena. Las repisas de este nuevo puesto artesanal 3D se utilizaron para renderizar las piezas artesanales específicas del puesto. Esto se logró mediante la obtención de datos de la base de datos sobre las piezas artesanales asociadas a un puesto en particular. Las piezas artesanales se exhibieron en las repisas y se implementó un catálogo representado por un libro para acceder a todas las piezas artesanales del puesto. Al hacer clic en una pieza, ya sea desde el catálogo o desde el objeto 3D en las repisas, se puede ver su detalle, incluyendo título, descripción, precio y botones para comprar o agregar al carrito. Las piezas agregadas al carrito de compras se muestran en un resumen del carrito, donde se listan todas las piezas seleccionadas. Finalmente, se implementó la pasarela de pagos PayPal para facilitar las compras directamente desde la aplicación.

Con el objetivo de asegurar una experiencia de visualización fluida en la Feria Artesanal 3D, se aplicó la técnica de renderizado "Occlusion Culling" [38]. Aunque la aplicación base pesa cerca de 200MB, la mayoría del peso lo generan los objetos 3D de las piezas artesanales que se cargan dinámicamente a medida que se van mostrando en pantalla. En cuanto al peso que ocupa la plataforma en el servidor donde será montado, cada objeto 3D utilizado tiene aproximadamente un peso de 3MB, lo que implica que si tenemos una feria con 5 técnicas y con el máximo de puestos artesanales (38) y piezas artesanales (18 por puesto) podría tener un peso aproximado de 11GB. El usuario común que accede a la aplicación desde su navegador no tendrá que cargar esta gran cantidad de datos. Como cada pieza artesanal pesa aproximadamente 3MB, y en el exterior de cada puesto artesanal se muestran 2 piezas 3D, el usuario puede ver 18 puestos artesanales y 36 piezas artesanales a la vez, lo que equivale a 108MB de información en total aproximadamente. Es importante tener en cuenta que esto no significa que la aplicación vaya a utilizar exactamente 108MB de RAM en el navegador, ya que la cantidad de RAM utilizada por una aplicación web depende de diversos factores como el sistema operativo, el navegador y la configuración del equipo. En general, se debe optimizar el tamaño y la cantidad de recursos que se cargan en una aplicación web para garantizar un rendimiento óptimo y una buena experiencia de usuario. Por lo tanto, es recomendable utilizar técnicas como el Occlusion Culling para limitar la cantidad de recursos que se cargan en la memoria, y de esa manera mejorar el rendimiento de la aplicación.

En consonancia con la estrategia de implementación destinada a la creación de la feria artesanal 3D, se justifica la elección de no desarrollar una aplicación propia para la

creación de modelos 3D. A pesar de la aparente viabilidad de esta opción, existen varias consideraciones que desalientan esta iniciativa. Desarrollar una aplicación desde cero no solo requeriría una inversión significativa de tiempo, sino también una experiencia técnica sólida en el diseño de interfaces de usuario, procesamiento de imágenes y optimización de aplicaciones móviles. En el contexto de esta investigación, centrarse en el desarrollo de una aplicación podría desviar la atención de los principales objetivos, como mejorar la interfaz de la feria 3D, optimizar el rendimiento y respaldar estos cambios con pruebas de usabilidad. En la actualidad, existen aplicaciones gratuitas y de pago que facilitan la creación de modelos 3D mediante dispositivos móviles. Aplicaciones como Qlone y RealityScan ofrecen interfaces intuitivas y utilizan la cámara del celular para escanear objetos y generar modelos 3D con relativa facilidad. No obstante, estas aplicaciones pueden presentar limitaciones en cuanto a la calidad y la precisión de los modelos generados. Además, las versiones gratuitas suelen tener restricciones en características avanzadas o la resolución de los modelos. En contraste, herramientas profesionales como Meshroom para computadoras ofrecen mayores capacidades y precisión, pero requieren un conocimiento técnico más avanzado. Considerando estas alternativas disponibles y las limitaciones inherentes a la creación de una aplicación propia, parece más viable y conveniente utilizar herramientas existentes para generar modelos 3D, ya que cumplen con el propósito de digitalizar los modelos de forma sencilla y se alinean mejor con los objetivos específicos de la investigación.

5.5. Interfaces

Las interfaces son elementos clave en el diseño y la implementación de cualquier sistema interactivo. En el contexto de esta tesis, las interfaces son las herramientas que permiten a los usuarios interactuar con la feria artesanal 3D desarrollada en Unity. La calidad de las interfaces es esencial para proporcionar una experiencia de usuario satisfactoria, por lo que se han dedicado importantes esfuerzos al diseño y la implementación de interfaces intuitivas y atractivas. En esta sección, se describen las principales interfaces desarrolladas para la feria artesanal 3D. Las demás interfaces se presentan en los anexos.

La figura 5.3 muestra la interfaz de la Feria 3D, la cual cuenta con una distribución de puestos artesanales en cuatro filas organizadas por categorías, como tallado, cestería, entre otras. Al final de las filas de puestos, se puede ver un pasillo que conduce a una nueva sección con puertas, las cuales representan las diferentes categorías a las que el usuario puede acceder. Esta organización permite a los usuarios explorar fácilmente la feria y encontrar los puestos que les interesen.

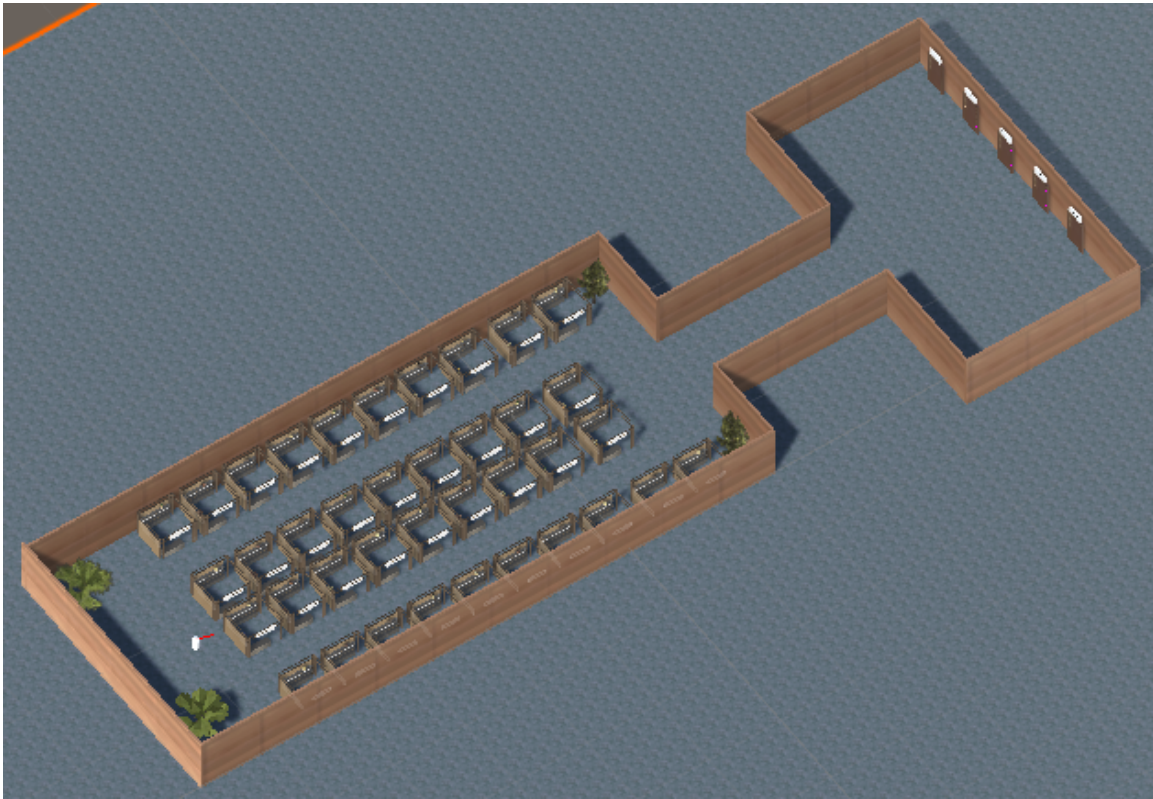


Figura 5.3: Feria 3D

La figura [5.4](#) muestra un modelo en 3D de un puesto artesanal con estantes en los que se exhiben varias piezas artesanales. Cada pieza se puede seleccionar para ver su información detallada. Además, hay una pequeña mesa que representa el catálogo del puesto artesanal en forma de un libro en 3D, el cual se puede consultar haciendo clic sobre él para ver el catálogo completo. También se puede encontrar a una persona que atiende en el puesto y una bolsa de compras, ambas de las cuales se pueden seleccionar para ver todas las piezas artesanales que han sido agregadas al carrito de compras. Este modelo 3D ofrece una experiencia interactiva y completa para los usuarios, permitiéndoles explorar las piezas artesanales y hacer compras en línea de manera fácil y eficiente.

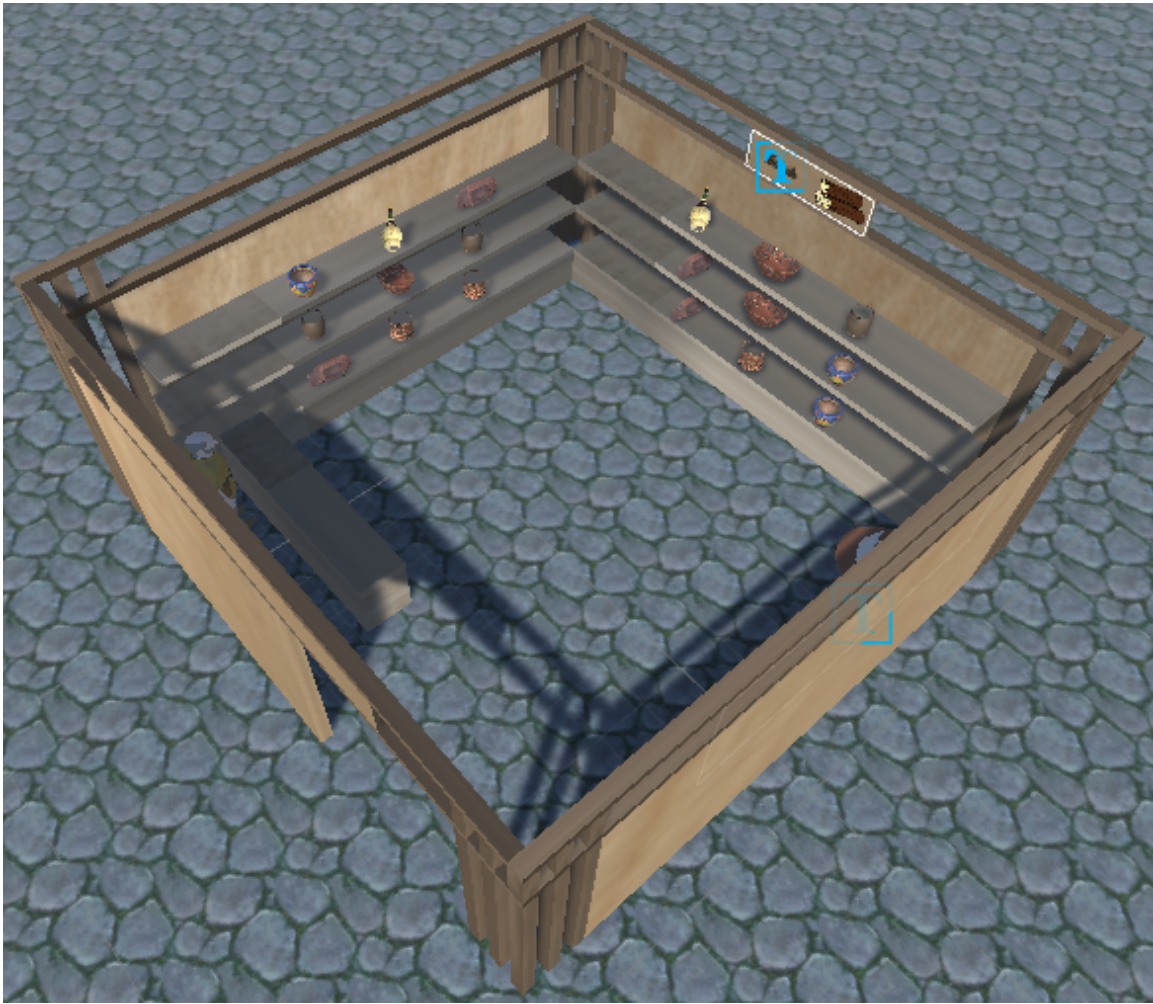


Figura 5.4: Puesto artesanal 3D

La figura [5.5](#) muestra al usuario información detallada sobre una pieza artesanal seleccionada. En el centro de la interfaz se encuentra una vista en 3D de la pieza artesanal, la cual el usuario puede rotar y examinar desde diferentes ángulos. A la derecha de la vista en 3D, se encuentra la descripción y el precio de la pieza artesanal. Además, la interfaz cuenta con tres botones: uno para comprar la pieza artesanal, otro para agregar la pieza al carrito de compras y un botón para cerrar la interfaz. De esta manera, el usuario puede examinar con detalle la pieza artesanal antes de tomar una decisión de compra.



Figura 5.5: Detalle de pieza artesanal

La interfaz denominada "Resumen del carrito de compras", representada en la figura 5.6, se encarga de mostrar un listado detallado de todas las piezas artesanales que han sido agregadas al carrito de compras por el usuario. En esta pantalla, el usuario podrá visualizar información relevante acerca de las piezas agregadas, como su nombre, cantidad seleccionada y precio individual. Además, se mostrará el precio total de la compra, teniendo en cuenta las cantidades seleccionadas de cada pieza artesanal. Esta pantalla permite al usuario realizar modificaciones en la cantidad de piezas seleccionadas, ya que cuenta con un campo de input para cada una de ellas. Para simplificar el proceso de compra, la interfaz incluye tres botones que permiten al usuario comprar las piezas dentro del carrito de compras, vaciar el carrito en su totalidad o simplemente cerrar la ventana sin realizar ninguna acción. Con esta interfaz, el usuario tendrá una vista clara y completa de todas las piezas que tiene en su carrito, permitiéndole realizar compras de manera más sencilla y eficiente.

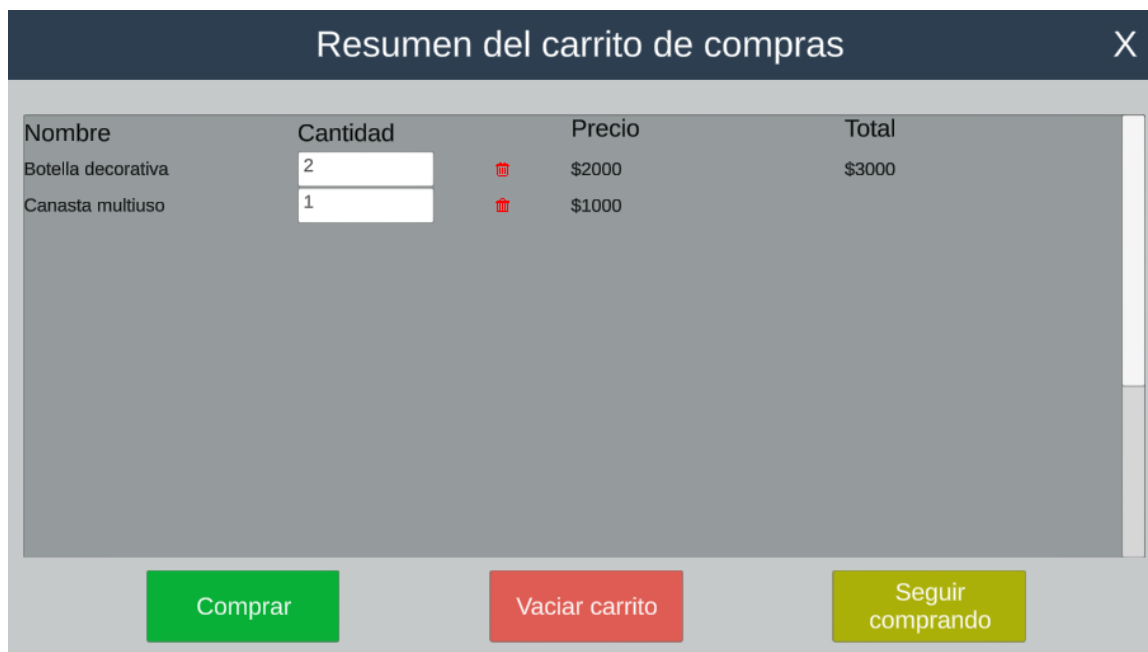


Figura 5.6: Resumen del carrito de compras

La interfaz de pago en espera, representada en la figura 5.7, se muestra cuando el usuario está realizando una compra en la feria artesanal 3D. En ella se presenta un mensaje que indica que la compra está en espera, lo que significa que el proceso de pago aún no ha sido completado. Esta interfaz sirve para informar al usuario que su pedido se encuentra en proceso de pago y que debe esperar a que se complete la transacción antes de recibir su pieza artesanal. De esta manera, el usuario puede estar al tanto del estado de su compra en todo momento y esperar pacientemente a que se procese el pago.

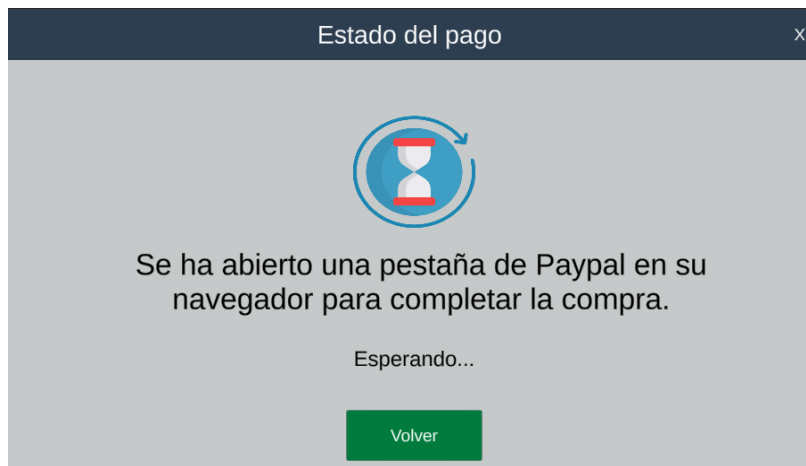


Figura 5.7: Pago en espera

La interfaz de pago en la figura 5.8 muestra dos posibles resultados de una compra: pago exitoso, representado por la figura 5.8a y pago fallido, representado por la figura 5.8b. Cuando la compra se realiza con éxito, se muestra una imagen con un mensaje de "Compra exitosa". Por otro lado, si la compra no se completa correctamente, se muestra una imagen con un mensaje de "No se pudo completar la compra". Esta interfaz es importante para informar al usuario sobre el resultado de su compra y brindarle una respuesta inmediata, ya sea para confirmar el éxito de la transacción o para indicar que debe tomar medidas adicionales para solucionar el problema.



(a) Pago exitoso

(b) Pago fallido

Figura 5.8: Estado del pago

Capítulo 6

Pruebas

En este capítulo se podrá apreciar las pruebas realizadas a la plataforma. Partiendo con las pruebas unitarias, las cuales validan el correcto funcionamiento de cada componente, siguiendo con las pruebas de integración, las cuales validan que funcione todo bien en conjunto. Continuamos con las pruebas de sistema, las cuales se enfocan en el cumplimiento de los requerimientos funcionales, posteriormente en las pruebas de usuario se evalúa la usabilidad de la plataforma y finalizamos con las pruebas de aceptación.

6.1. Pruebas Unitarias

Las pruebas unitarias son un pilar fundamental en el desarrollo de software, siendo esenciales para garantizar la calidad y el correcto funcionamiento de las aplicaciones. Estas pruebas se diseñan con el propósito de evaluar minuciosamente cada componente del software. Para realizar estas pruebas, se optó por el método de caja negra, que se basa en evaluar el componente desde una perspectiva externa, sin necesidad de conocer su estructura interna. En otras palabras, tratamos el componente como una "caja negra" cuyo funcionamiento interno permanece oculto. Pero, ¿qué implica realmente las pruebas de caja negra? Estas pruebas se centran en el comportamiento visible del componente. Evaluamos cómo responde a diversas entradas y condiciones, sin acceder a los detalles internos de su implementación. Esto simula la interacción de un usuario con el software, quien interactúa con él sin acceso al código fuente. Es importante destacar que se realizaron estas pruebas unitarias de forma manual, sin el uso de herramientas de automatización. Esta elección se fundamenta con el enfoque de pruebas exploratorias [45], en el cual el evaluador asume el rol de un explorador del software. Durante estas pruebas, se busca y evalúa distintos aspectos del programa, desde su funcionalidad básica hasta situaciones inesperadas. Al hacerlo, se imita el comportamiento y las acciones de un usuario final, lo que permite identificar problemas desde una perspectiva auténtica.

Listado de pruebas unitarias

- PU01: Movimiento del player.
- PU02: Ver guía de usuario.
- PU03: Ver mapa.
- PU04: Cambiar categoría de la feria artesanal.
- PU05: Ingresar a un puesto artesanal.
- PU06: Ver catálogo.
- PU07: Ver detalles de pieza artesanal.
- PU08: Agregar pieza artesanal al carrito.
- PU09: Ver resumen del carrito de compras.
- PU10: Comprar piezas artesanales agregadas al carrito de compras.

Se procederá a detallar todas las pruebas unitarias realizadas y organizadas en una tabla de dos columnas. En la primera columna podremos ver los encabezados de la tabla, como la descripción de la prueba, las entradas (tanto válidas como inválidas) y las salidas esperadas. En la segunda columna podremos ver los detalles de cada encabezado, finalizando con el resultado obtenido en la prueba.

En la tabla **6.1** se muestran los detalles de la prueba unitaria PU01, cuyo objetivo es verificar el correcto funcionamiento del movimiento del player utilizando las teclas de direcciones W,A,S,D o el joystick. Obteniendo como resultado las salidas esperadas.

PU01: Movimiento del player	
Descripción	Verificar que el player se mueva en todas las direcciones.
Entradas válidas	
Entrada	Presionar la tecla W.
Salida esperada	Moverse hacia adelante.
Entrada	Presionar la tecla A.
Salida esperada	Moverse hacia la izquierda.
Entrada	Presionar la tecla S.
Salida esperada	Moverse hacia abajo.
Entrada	Presionar la tecla D.
Salida esperada	Moverse hacia la derecha.
Entradas inválidas	
Entrada	Presionar cualquier tecla que no sea W, A, S o D.
Salida esperada	Ninguna acción por parte del player.
Prueba realizada con éxito y con salidas esperadas	

Tabla 6.1: PU01: Movimiento del player

La tabla 6.2 contiene los detalles de la prueba unitaria PU02, cuyo objetivo es verificar que la guía de usuario se pueda visualizar correctamente utilizando su respectiva tecla o el botón en pantalla. Obteniendo las salidas esperadas.

PU02: Ver guía de usuario	
Descripción	Verificar que se pueda ver correctamente la guía de usuario.
Entradas válidas	
Entrada	presionar la tecla F.
Salida esperada	Visualizar la guía de usuario.
Entradas inválidas	
Entrada	Presionar cualquier otra tecla que no sea la F.
Salida esperada	No visualizar la guía de usuario.
Prueba realizada con éxito y con salidas esperadas	

Tabla 6.2: PU02: Ver guía de usuario

En la tabla 6.3 se presentan los detalles de la prueba unitaria PU03, la cual tiene como objetivo verificar que el mapa se pueda visualizar correctamente utilizando su respectiva tecla o el botón en pantalla. Obteniendo las salidas esperadas.

PU03: Ver mapa	
Descripción	Verificar que se pueda ver correctamente el mapa.
Entradas válidas	
Entrada	presionar la tecla M.
Salida esperada	Visualizar el mapa.
Entradas inválidas	
Entrada	Presionar cualquier otra tecla que no sea la M.
Salida esperada	No visualizar el mapa.
Prueba realizada con éxito y con salidas esperadas	

Tabla 6.3: PU03: Ver mapa

En la tabla 6.4 se muestran los detalles de la prueba unitaria PU04, cuyo objetivo es verificar que se pueda cambiar correctamente la categoría de la feria artesanal haciendo clic en el botón de la categoría deseada. Obteniendo las salidas esperadas.

PU04: Cambiar categoría de la feria artesanal	
Descripción	Verificar que se pueda cambiar correctamente la categoría de la feria artesanal dentro de la ventana del mapa.
Entradas válidas	
Entrada	Hacer click en el botón de la categoría deseada.
Salida esperada	Cambiar la feria artesanal a la categoría deseada.
Entradas inválidas	
Entrada	Hacer click fuera del botón de la categoría deseada.
Salida esperada	Mantenerse en la ventana del mapa.
Prueba realizada con éxito y con salidas esperadas	

Tabla 6.4: PU04: Cambiar categoría de la feria artesanal

En la Tabla [6.5](#) se muestran los detalles de la prueba unitaria PU05, cuyo objetivo es verificar que el player pueda entrar correctamente a un puesto artesanal. Obteniendo las salidas esperadas.

PU05: Ingresar a un puesto artesanal	
Descripción	Verificar que el player entre a un puesto artesanal específico.
Entradas válidas	
Entrada	Chocar con la puerta del puesto artesanal
Salida esperada	Ingresar al puesto artesanal
Entradas inválidas	
Entrada	Chocar con otra parte del puesto artesanal que no sea la puerta.
Salida esperada	No ingresar al puesto artesanal.
Prueba realizada con éxito y con salidas esperadas	

Tabla 6.5: PU05: Ingresar a un puesto artesanal

En la tabla [6.6](#) se presentan los detalles de la prueba unitaria PU06, la cual tiene como objetivo verificar que se pueda visualizar correctamente el catálogo de un puesto artesanal, haciendo clic en el objeto 3D que hace referencia al catálogo dentro del puesto artesanal. Obteniendo las salidas esperadas.

PU06: Ver catálogo	
Descripción	Verificar que se pueda ver correctamente el catálogo.
Entradas válidas	
Entrada	Hacer click sobre el libro.
Salida esperada	Visualizar el catálogo.
Entradas inválidas	
Entrada	Hacer click fuera del libro.
Salida esperada	No visualizar el catálogo.
Prueba realizada con éxito y con salidas esperadas	

Tabla 6.6: PU06: Ver catálogo

La tabla [6.7](#) contiene los detalles de la prueba unitaria PU07, cuyo objetivo es verificar que se pueda visualizar correctamente los detalles de una pieza artesanal, haciendo clic en dicha pieza artesanal dentro de un puesto artesanal. Obteniendo las salidas esperadas.

PU07: Ver detalles de pieza artesanal	
Descripción	Verificar que se pueda ver correctamente los detalles de una pieza artesanal.
Entradas válidas	
Entrada	Hacer click sobre una pieza artesanal.
Salida esperada	Visualizar los detalles de la pieza artesanal
Entradas inválidas	
Entrada	Hacer click fuera de la pieza artesanal.
Salida esperada	No visualizar los detalles de la pieza artesanal.
Prueba realizada con éxito y con salidas esperadas	

Tabla 6.7: PU07: Ver detalles de pieza artesanal

En la Tabla [6.8](#) se muestran los detalles de la prueba unitaria PU08, cuyo objetivo es verificar que se pueda agregar una pieza artesanal al carrito de compras haciendo clic en el botón “Agregar al carrito”. Obteniendo las salidas esperadas.

PU08: Agregar pieza artesanal al carrito	
Descripción	Verificar que se pueda agregar una pieza artesanal al carrito de compras.
Entradas válidas	
Entrada	Hacer click sobre el botón "agregar al carrito" que aparece en los detalles de una pieza artesanal.
Salida esperada	Pieza agregada al carrito de compras y visible en el resumen del carrito de compras.
Entradas inválidas	
Entrada	Hacer click fuera del botón "agregar al carrito".
Salida esperada	La pieza no es agregada carrito de compras y no es visible en el resumen del carrito de compras.
Prueba realizada con éxito y con salidas esperadas	

Tabla 6.8: PU08: Agregar pieza artesanal al carrito

En la tabla [6.9](#) se presentan los detalles de la prueba unitaria PU09, la cual tiene como objetivo verificar el correcto funcionamiento y visualización del resumen del carrito de compras haciendo clic sobre el objeto 3D de la bolsa que hace referencia al carrito de compras. Obteniendo las salidas esperadas.

PU09: Ver resumen del carrito de compras	
Descripción	Verificar que se pueda ver correctamente el resumen del carrito de compras.
Entradas válidas	
Entrada	Hacer click sobre la bolsa sobre la mesa.
Salida esperada	Visualizar el resumen del carrito de compras.
Entradas inválidas	
Entrada	Hacer click fuera de la bolsa sobre la mesa.
Salida esperada	No visualizar el resumen del carrito de compras.
Prueba realizada con éxito y con salidas esperadas	

Tabla 6.9: PU09: Ver resumen del carrito de compras

Por último, en la tabla [6.10](#) se muestran los detalles de la prueba unitaria PU10, cuyo objetivo es verificar que se pueda comprar una pieza artesanal utilizando la pasarela de pagos integrada a la plataforma. Obteniendo las salidas esperadas.

PU10: Comprar piezas artesanales agregadas al carrito de compras	
Descripción	Verificar que se puedan comprar las piezas artesanales agregadas al carrito de compras.
Entradas válidas	
Entrada	Hacer click en el botón "Comprar" en el resumen del carrito de compras.
Salida esperada	Se abre una nueva ventana con mercadopago en donde se puede pagar por las piezas artesanales.
Entradas inválidas	
Entrada	Hacer click fuera del botón "Comprar".
Salida esperada	No visualizar la ventana de mercadopago.
Prueba realizada con éxito y con salidas esperadas	

Tabla 6.10: PU10: Comprar piezas artesanales agregadas al carrito de compras

6.2. Pruebas de Integración

Las pruebas de integración se realizaron una vez corregidas las pruebas unitarias, debido a que estas pruebas consisten en probar el funcionamiento correcto del ensamblaje de los componentes unitarios. Estas pruebas se realizaron con la estrategia Button-up, la cual consta de integrar desde el nivel más bajo hasta llegar al nivel más alto, probando la integración de la plataforma en su totalidad.

Listado de pruebas de integración

- PI-001: Base de datos.
- PI-002: Puesto artesanal.
- PI-003: Feria artesanal.

En la tabla [6.11](#) se muestran los detalles de la prueba de integración PI-001, cuyo objetivo es comprobar que se pueda acceder correctamente a la base de datos y obtener los datos solicitados. Obteniendo un resultado exitoso.

ID Prueba	PI-001
Nivel	1
Módulo integrado	Base de datos.
Objetivo	Conectar, acceder y gestionar contenidos en la base de datos.
Estado inicial	A la espera de que se ingrese una consulta a la base de datos.
Estado final	Retorno de la información requerida en la consulta o un mensaje de error.
Resultado esperado	Retorno de los datos solicitados en la consulta.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 6.11: PI-001: Base de datos

La tabla [6.12](#) contiene los detalles de la prueba de integración PI-002, cuyo objetivo es verificar que se estén obteniendo las piezas artesanales de un puesto artesanal en específico y que se pueden comprar utilizando la pasarela de pagos integrada en la plataforma. Obteniendo un resultado exitoso.

ID Prueba	PI-002
Nivel	2
Módulo integrado	Puesto Artesanal
Objetivo	Obtener todas las piezas artesanales con relación al puesto artesanal ingresado y comprar pieza artesanal.
Estado inicial	A la espera de la selección de una pieza artesanal.
Estado final	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entrega del detalle de la pieza artesanal. 2. Ventana de PayPal con los datos de la pieza artesanal a comprar.
Resultado esperado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Información desplegada del producto seleccionado. 2. Mensaje de compra exitosa.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 6.12: PI-002: Puesto artesanal

En la tabla 6.13 se presentan los detalles de la prueba de integración PI-003, la cual tiene como objetivo verificar que la plataforma cargue correctamente y se pueda visualizar la feria artesanal. Obteniendo un resultado exitoso.

ID Prueba	PI-003
Nivel	3
Módulo integrado	Feria artesanal
Objetivo	Acceder a la feria artesanal y al mapa.
Estado inicial	Cargando feria artesanal.
Estado final	Dirigido a la categoría seleccionada en el mapa.
Resultado esperado	El usuario se encuentra en la categoría seleccionada en el mapa.
Resultado obtenido	Correcto.

Tabla 6.13: PI-003: Feria artesanal

6.3. Pruebas de Sistema

A continuación se presenta una tabla que lista todos los requisitos del sistema, tanto funcionales como no funcionales, y su nivel de cumplimiento durante las pruebas.

ID Requerimiento	Nivel de cumplimiento
RF-001: Recorrido de la feria artesanal	Completo
RF-002: Mapa referencial	Completo
RF-003: Visitar puestos artesanales	Completo
RF-004: Visualizar piezas artesanales principales en los puestos artesanales	Completo
RF-005: Ingresar al puesto artesanal	Completo
RF-006: Seleccionar una pieza artesanal	Completo
RF-007: Visualizar carrito de compras	Completo
RF-008: Comprar pieza artesanal	Completo
RNF-002: Usabilidad	Completo
RNF-004: Mantenibilidad	Completo

Tabla 6.14: Pruebas de Sistemas

La plataforma tiene una interfaz adaptable que permite una buena visualización en distintos tipos de dispositivos, desde móviles hasta pantallas grandes. Además, cuenta con botones y funcionalidades diseñados para adaptarse a pantallas pequeñas sin teclado físico. Para facilitar la mantenibilidad del sistema, se utilizó Git y Github como herramientas de

control de versiones, lo que permite una fácil extensión del sistema sin temor a perder una versión estable de desarrollo. Asimismo, gracias a la estructura de componentes individuales que se utiliza en Unity, el sistema puede escalar fácilmente y mantener una estructura limpia. En cuanto al requerimiento de comprar piezas artesanales (RF-008), se llevó a cabo un estudio de las distintas pasarelas de pago disponibles para implementar en el sistema. Aunque existían muchas opciones, se seleccionó PayPal, ya que es la que mejor se adapta a las necesidades de la plataforma y permite obtener el estado del pago sin necesidad de acceder a la URL del navegador para actualizarlo.

6.4. Pruebas con Usuarios

Para la prueba de usuarios se utilizó el método de encuesta Nasa TLX [24], el cual valora la carga de trabajo de los usuarios para una tarea en específico. Esta prueba se realizó de manera remota, participando ocho personas. Los participantes realizaron una serie de tareas dentro de la plataforma y respondieron a un par de encuestas definidas por el método Nasa TLX para cada tarea.

6.4.1. Nasa TLX

El método Nasa TLX (Nasa Task Load Index) [24] es una herramienta ampliamente utilizada para evaluar la carga de trabajo percibida en entornos y tareas diversas. Fue desarrollado por la NASA y se basa en seis aspectos clave: Exigencia Mental, Exigencia Física, Exigencia Temporal, Rendimiento, Esfuerzo y Frustración.

- **Exigencia Mental:** Evalúa cuánta carga mental experimenta un individuo mientras realiza una tarea. Puede abarcar desde tareas muy sencillas hasta actividades altamente complejas.
- **Exigencia Física:** Mide la demanda física que una tarea coloca en un individuo. Esto puede incluir aspectos como el movimiento físico, la fuerza o la resistencia requerida.
- **Exigencia Temporal:** Evalúa el tiempo necesario para completar una tarea y cómo afecta esto a la carga de trabajo percibida.
- **Rendimiento:** Se refiere al grado en que un individuo se siente satisfecho con los resultados de su trabajo. Un bajo rendimiento puede aumentar la percepción de carga de trabajo.
- **Esfuerzo:** Evalúa cuánto esfuerzo físico o mental debe invertir un individuo para completar una tarea. Esto puede estar relacionado con la fatiga y el agotamiento.

- **Frustración:** Evalúa la percepción de frustración o insatisfacción que una persona experimenta al realizar una tarea. Esto puede deberse a obstáculos, dificultades o problemas inesperados.

El método Nasa TLX se divide en dos partes. En la primera parte, se evalúa la carga de trabajo percibida por el participante para una tarea específica. Para cuantificar esta carga, se utilizan conceptos como el **peso**, que indica la importancia relativa de cada aspecto en una tarea dada, y la **puntuación**, que refleja la percepción del participante en cada uno de los seis aspectos. Luego, se calcula la **puntuación convertida**, que proporciona una **puntuación ponderada** que refleja la percepción global de la carga de trabajo. Esta puntuación convertida se basa en el peso asignado a cada aspecto y la puntuación del participante. En la segunda parte, el participante debe indicar qué par de aspectos de carga de trabajo considera que fueron más importantes para esa tarea en particular. En el contexto de la feria artesanal virtual 3D, se aplicó el método Nasa TLX en cuatro tareas diferentes, con la participación de ocho usuarios. Cada tarea se evaluó utilizando este método para obtener percepciones detalladas de la carga de trabajo en cada tarea. Los resultados de estas encuestas proporcionaron valores subjetivos que nos permitieron comprender el nivel de carga de trabajo que experimentaron los participantes al interactuar con la plataforma en cada tarea. El método Nasa TLX se ha convertido en una herramienta valiosa para cuantificar y analizar la carga de trabajo percibida por los usuarios. Estos datos subjetivos son esenciales para tomar decisiones informadas y mejorar la usabilidad y la experiencia del usuario en la Feria 3D.

Listado de tareas

- Tarea 1
 1. Consultar mapa (tecla M), cambiar a la categoría "Cestería" y dirigirse al puesto artesanal llamado "Artesanías Rocco".
- Tarea 2
 1. Entrar a un puesto artesanal.
- Tarea 3
 1. Agregar una pieza artesanal al carrito de compras.
 2. Ver resumen del carrito de compras.
- Tarea 4
 1. Completa una compra.

Procedimiento

La evaluación de la usabilidad de la Feria Artesanal 3D contó con la participación de 8 usuarios seleccionados mediante una convocatoria realizada a través de redes sociales. La convocatoria se realizó de manera abierta y sin criterios estratégicos específicos, permitiendo la participación de cualquier usuario interesado. Con el objetivo de garantizar la confidencialidad de las respuestas y preservar la anonimidad de los participantes, se implementó un sistema en el cual cada usuario generaba un número único y no repetitivo a través de una plataforma web. Estos números se asignaron sin recopilar información personal identificable. La recopilación de datos se llevó a cabo de manera eficiente mediante la plataforma de Google Forms, asegurando un proceso accesible y facilitando el análisis posterior de los resultados. En cuanto al perfil demográfico, se optó por no recopilar esta información, ya que la Feria 3D se diseñó para ser inclusiva y accesible a una amplia audiencia. La decisión de no realizar encuestas específicas sobre el perfil demográfico se alinea con la premisa de que la usabilidad del sistema debería ser intuitiva para cualquier usuario, independientemente de su edad, género o experiencia previa en sistemas similares. Esta elección refuerza el enfoque en la experiencia del usuario, contribuyendo a una evaluación más centrada en la eficacia y accesibilidad general del sistema.

Preparación

1. **Consentimiento informado e instrucciones:** Inicialmente, cada participante recibió un enlace que les condujo al Consentimiento Informado, el cual proporcionó información detallada sobre la investigación, sus derechos, el uso de sus datos y se les proporcionaron las instrucciones necesarias.
2. **Generación de identificación de participación:** Cada participante fue dirigido a una plataforma web diseñada para generar un número aleatorio único. Este número, conocido como identificación de participación (ID), se utilizó para mantener la privacidad y el anonimato de los usuarios.
3. **Realización de tareas:** Se les presentó a los participantes una serie de tareas relacionadas con la Feria Artesanal 3D. Estas tareas fueron diseñadas para evaluar la usabilidad y el rendimiento del sistema. Cada vez que un participante completaba una tarea, se le invitaba a responder dos secciones de la encuesta Nasa TLX.
4. **Encuesta de aceptación:** Una vez que los participantes completaron las tareas asignadas junto con sus respectivas encuestas Nasa TLX, se les invitó a responder una encuesta adicional que evaluaba la satisfacción general y la aceptación de la plataforma.

Resultados Nasa TLX

Los resultados obtenidos en el análisis de la Tarea 1, representados en la figura 6.1 y basados en la tabla correspondiente en los anexos de esta tesis, muestran que, en general, los participantes enfrentaron una carga de trabajo significativa, especialmente en exigencia mental, esfuerzo y temporal, mientras que puntajes ponderados más bajos se registraron en exigencia física y frustración. La variabilidad en la percepción de la carga entre los participantes se refleja en la puntuación ponderada total, destacando que el participante 7 experimentó la carga más alta mientras que el participante 8 reportó la más baja en la Tarea 1. La media ponderada global, un indicador central que resume la carga promedio percibida por todos los participantes, refleja que esta tarea obtuvo la media más alta (374.5) en comparación con las otras tareas evaluadas. Esto sugiere que, en promedio, los participantes experimentaron un nivel de carga superior en esta tarea en relación con las demás. Esta mayor carga puede atribuirse al hecho de que en esta tarea se requieren múltiples acciones para su completitud, las cuales son desconocidas para los participantes, ya que están utilizando el sistema por primera vez.

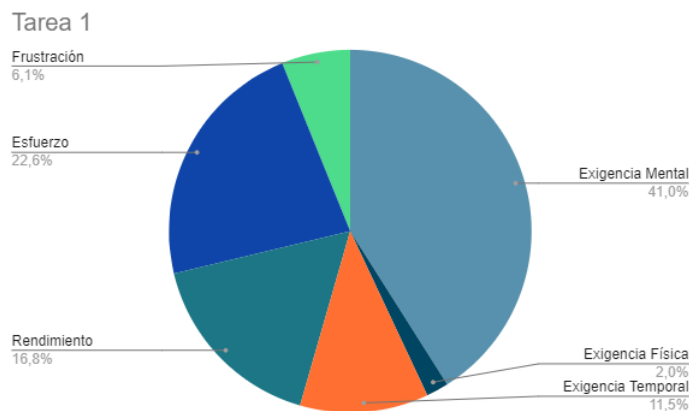


Figura 6.1: Gráfico Tarea 1

Los resultados obtenidos en el análisis de la Tarea 2, representados en la figura 6.2 y basados en la tabla correspondiente en los anexos de esta tesis, revelan una marcada disminución en la carga de trabajo experimentada por los participantes en comparación con la tarea anterior. Esta reducción se destaca especialmente en el aspecto de exigencia mental. Al analizar el puntaje ponderado total, se observa una consistencia general en los resultados de la mayoría de los participantes, salvo por los participantes 3 y 4, quienes informaron una mayor percepción de carga temporal. La media ponderada global señala que esta tarea obtuvo el puntaje más bajo (179.8) en contraste con las otras evaluadas, indicando que, en promedio, los participantes experimentaron una carga sustancialmente menor en esta actividad. Es relevante destacar que la Tarea 2 requiere menos acciones

para su conclusión, lo que podría explicar la reducción notoria en la carga percibida en comparación con tareas anteriores.

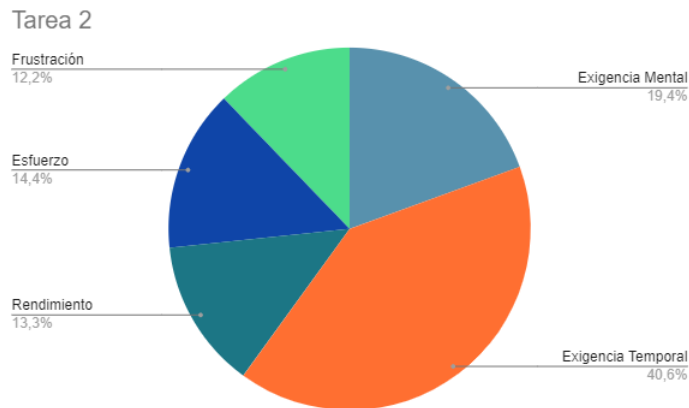


Figura 6.2: Gráfico Tarea 2

Los resultados obtenidos en el análisis de la Tarea 3, representados en la figura [6.3](#) y basados en la tabla correspondiente en los anexos de esta tesis, reflejan una carga considerable para los participantes, especialmente en aspectos de exigencia mental, esfuerzo y rendimiento, contrastando con puntajes más bajos en exigencia física, temporal y frustración. Aunque se observa una consistencia en los puntajes, los participantes 5, 6 y 8 destacan con una menor percepción de carga. La media ponderada global de esta tarea (327.8) indica una carga sustancialmente alta en promedio, similar a la Tarea 1. Es posible que la complejidad percibida esté vinculada al diseño del puesto artesanal, dificultando la ejecución de acciones como agregar una pieza al carrito y revisar su resumen. Esta falta de intuición en la disposición o interfaz del puesto podría haber generado desafíos adicionales para los participantes, aumentando la exigencia mental y el esfuerzo durante la tarea.

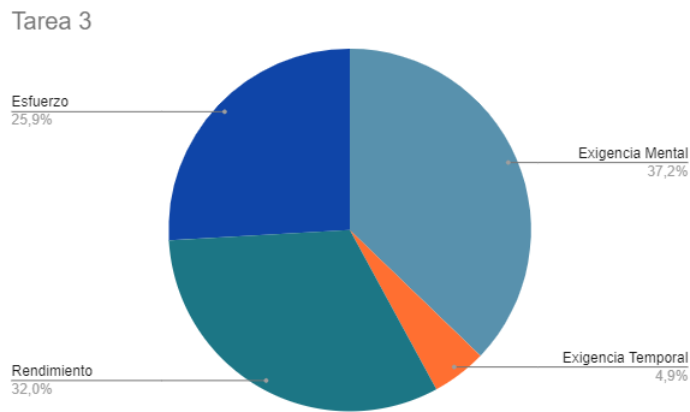


Figura 6.3: Gráfico Tarea 3

Los resultados obtenidos en el análisis de la Tarea 4, representados en la figura 6.4 y basados en la tabla correspondiente en los anexos de esta tesis, indican una disminución en la carga de trabajo en comparación con las tareas 2 y 3, los resultados detallados en la puntuación ponderada destacan la mayor carga mental, rendimiento y esfuerzo experimentados por los participantes 1, 3 y 4. La media ponderada global para esta tarea (292) refleja una carga promedio, posicionándose como la segunda más baja entre todas las tareas evaluadas. Este resultado es relevante y merece consideración. Es esencial subrayar que esta mayor carga puede haber sido influenciada por la falta de interfaces que permitieran ver en tiempo real el estado de la compra dentro de la feria, lo que posiblemente generó incertidumbre adicional y demandó un mayor esfuerzo cognitivo y emocional por parte de los participantes durante la ejecución de la tarea.

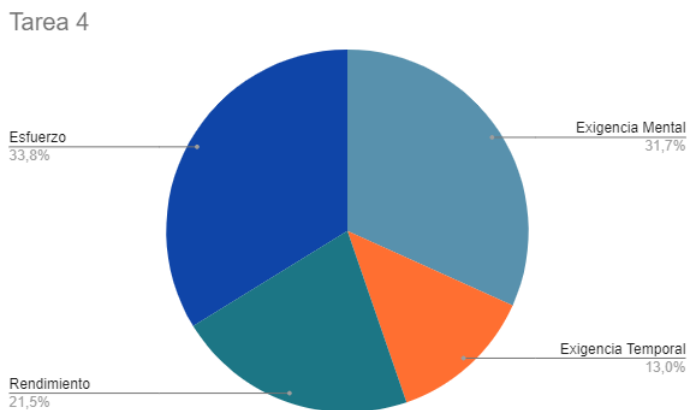


Figura 6.4: Gráfico Tarea 4

Tras analizar los resultados del estudio Nasa TLX, se identificó que los participantes

en la Tarea 1 experimentaron una mayor carga debido a la ejecución de múltiples funciones nuevas. Como consecuencia, se propuso como mejora futura la inclusión de un tutorial en tiempo real con un guía NPC, con el objetivo de facilitar de manera más efectiva la comprensión de todas las funciones disponibles. En la Tarea 2, se detectó que algunos participantes enfrentaron una mayor carga temporal debido a un diseño poco intuitivo del puesto artesanal. Para abordar este problema, se ajustó el diseño tomando como referencia un puesto artesanal real, buscando hacerlo más accesible y fácil de comprender para los usuarios. De manera similar, en la Tarea 3, se observó una carga mental, de rendimiento y esfuerzo más elevada. Para mejorar esta situación, se modificó el diseño interior del puesto artesanal, adoptando una disposición similar a la fachada del puesto artesanal de la Tarea 2. Estas adaptaciones se fundamentaron en los datos recopilados en el estudio, con el propósito de mejorar la experiencia global de los usuarios en la feria artesanal.

6.5. Pruebas de Aceptación

Las pruebas de aceptación se implementan con el fin de validar el correcto funcionamiento del sistema. En este contexto, se llevó a cabo una encuesta con la participación de 8 usuarios, utilizando una escala Likert del 1 al 5. Esta escala refleja desde "muy en desacuerdo" (puntuación 1) hasta "muy de acuerdo" (puntuación 5). Los encuestados fueron los mismos participantes que completaron la prueba de usabilidad Nasa TLX, siendo estos los únicos que interactuaron con la feria artesanal. La elección de este grupo se basó en la necesidad de contar con usuarios que poseyeran una experiencia real con la aplicación. La encuesta incluyó una serie de preguntas que los participantes respondieron utilizando la escala Likert mencionada anteriormente. Los datos obtenidos se recopilaron a través de Google Forms, garantizando la confidencialidad de las respuestas al recopilarse de manera anónima.

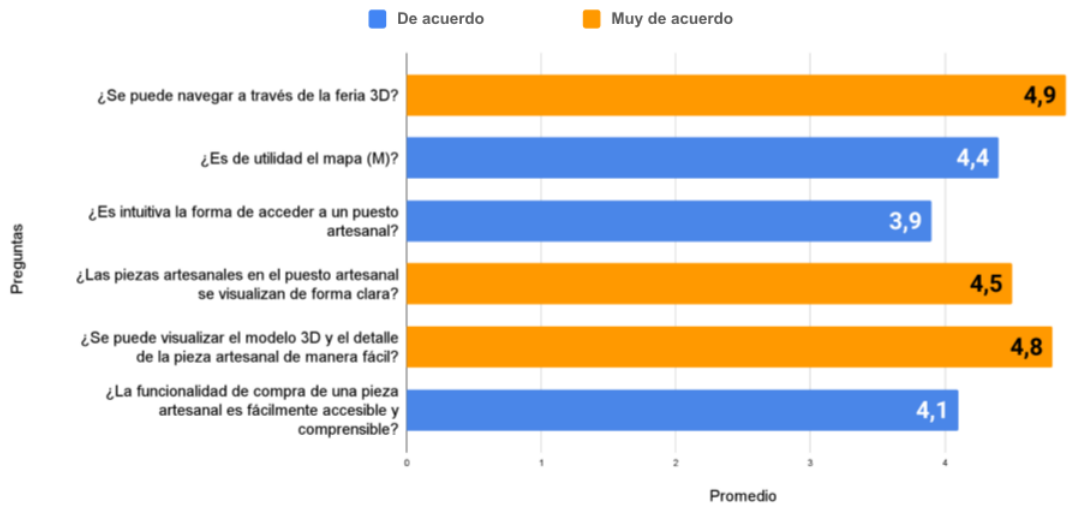


Figura 6.5: Resultados obtenidos de las pruebas de aceptación

Como se puede apreciar en el gráfico [6.5](#), los resultados de las pruebas de aceptación revelan una experiencia satisfactoria. La navegación dentro de la feria 3D recibió una alta puntuación de 4.9, indicando una experiencia fluida. La utilidad del mapa obtuvo una puntuación positiva de 4.4, aunque ligeramente inferior a la navegación. Sin embargo, el acceso a los puestos artesanales (3.9) y la claridad en la funcionalidad de compra (4.1) muestran áreas potenciales de mejora. La visualización de las piezas artesanales 3D dentro del puesto (4.5) y la facilidad para ver los detalles de una pieza (4.8) fueron evaluadas muy positivamente. En resumen, los resultados apuntan a una experiencia satisfactoria, pero sugieren áreas específicas que podrían mejorarse, como el acceso a los puestos y la claridad en la funcionalidad de compra para mejorar la experiencia del usuario. Después de realizar este análisis de las pruebas de aceptación, se implementaron mejoras específicas en el sistema. Se mejoró el sistema de compras agregando interfaces que proporcionan información en tiempo real sobre el estado de la compra, lo cual contribuyó a mejorar la claridad y la experiencia del usuario en este aspecto. Se llevó a cabo un rediseño del puesto artesanal para hacer que el acceso sea más intuitivo, abordando así las áreas identificadas como oportunidades de mejora.artesanal.

Capítulo 7

Implantación

En esta sección se detallan los pasos necesarios para poner en marcha la plataforma de manera efectiva. En primer lugar, se presentan los requerimientos mínimos y recomendados para el correcto funcionamiento de la plataforma. A continuación, se describe el proceso de preparación del ambiente en Docker [50], el cual es esencial para la instalación y configuración de la plataforma. Por último, se incluye una subsección dedicada a la documentación, la cual incluye el manual de usuario y la documentación de la API, proporcionando información detallada sobre cómo utilizar la plataforma y sus funciones.

7.1. Implantación

7.1.1. Requerimientos

Haciendo referencia a la arquitectura presentada anteriormente, se especificarán los requerimientos mínimos y recomendados para el servidor [51].

Requerimientos de Mínimos

1. **RAM:** 2GB
2. **CPU:** Dual core 1.3GHZ
3. **Almacenamiento:** 4GB

Requerimientos de Recomendados

1. **RAM:** 4GB
2. **CPU:** Dual core 1.3GHZ

3. Almacenamiento: 4GB

7.1.2. Preparación de Ambiente

Docker es una herramienta que permite empaquetar dentro de un contenedor todo lo necesario para que el proyecto se ejecute, incluyendo las librerías utilizadas [51]. Se utilizará este software para realizar la implantación de la plataforma haciendo uso de contenedores. En dichos contenedores estará todo lo necesario para que funcione la plataforma en cualquier dispositivo. El primer paso es configurar el script Dockerfile, el cual nos permitirá crear una imagen Docker de nuestra API. Este archivo se debe situar en la misma carpeta donde se encuentra el archivo package.json y se debe guardar sin extensión [51]. En la figura 7.1 se presenta el script que utilizará el backend para instalar las dependencias e iniciar el servicio.

```
FROM node:16.15.0

WORKDIR /feria-api

COPY ./package*.json ./

RUN npm install --silent

COPY ./ ./

EXPOSE 8080

CMD ["npm", "start"]
```

Figura 7.1: Dockerfile

7.1.3. Configuración de servicios

Docker Compose [51] es una herramienta que sirve para crear una red de contenedores que pueden interactuar entre ellos. Para crear una red de contenedores primero tenemos que crear el archivo docker-compose.yml y definir los tres servicios que utiliza nuestra plataforma: Unity, backend y db. En la figura 7.2 se presenta el script que se utilizó para la configuración de estos servicios.

```

version: '3'

# Definicion de servicios
services:
  unity:
    image: "httpd"
    restart: always
    ports:
      - "80:80"
    volumes:
      - ./Unity:/usr/local/apache2/htdocs
    networks:
      - red_privada
      - red_proxy
    environment:
      VIRTUAL_HOST: feria-3d.informatica.uv.cl

  backend:
    restart: always
    ports:
      - "8080:8080"
    build:
      context: ./feria-api/
      dockerfile: Dockerfile
    volumes:
      - ./uploads:/var/www/html
    env_file:
      - ./env/environment.env
    depends_on:
      - db
    networks:
      - red_privada
    environment:
      VIRTUAL_HOST: api.feria-3d.informatica.uv.cl

  db:
    restart: always
    image: mysql:5.7
    ports:
      - "3306:3306"
    networks:
      - red_privada
    env_file:
      - ./env/environment.env
    volumes:
      - ./database/init.sql:/docker-entrypoint-initdb.d/init.sql

networks:
  red_proxy:      # Definir redes
  external:      # Nombre de una red
  name: nginx-proxy # Indica que es una red externa al docker-compose
  red_privada:  # Nombre de la Red de uso publico entre Docker

```

Figura 7.2: docker-compose

En la carpeta donde se encuentra el proyecto se deberán ejecutar los siguientes comandos:

1. docker network create nginx-proxy

2. docker-compose up -d

En la figura 7.4 se muestran los contenedores que se crearon e iniciaron tras ingresar los comandos descritos anteriormente.

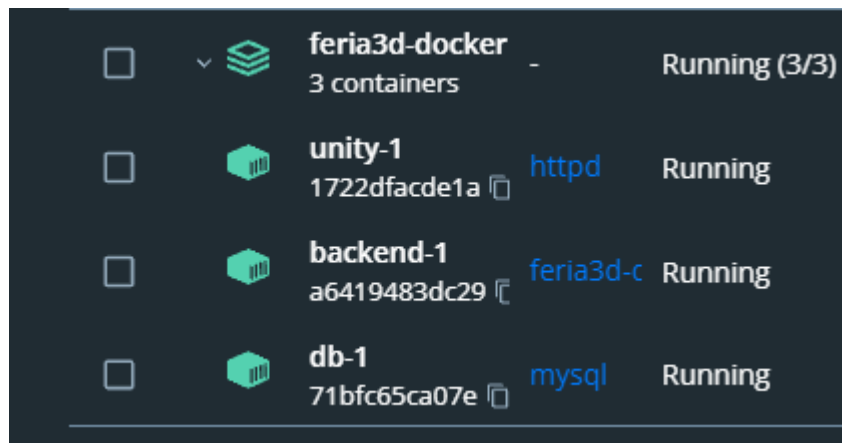


Figura 7.3: docker-compose

7.1.4. Documentación

7.1.5. Manual de Usuario

Para ayudar al usuario a entender el funcionamiento de la plataforma y así poder mejorar la usabilidad de esta, se creó un manual de usuario, en donde se especifica cada funcionalidad que contiene el sistema. Dicho manual está disponible en la web de la plataforma. Para ello, debemos ingresar a la web y presionar la tecla F. Este manual de usuario cuenta con 3 secciones:

■ Lista de comandos

Tecla	Descripción
F	Abrir/Cerrar lista de comandos
M	Abrir/Cerrar mapa
W	Avanzar hacia adelante
A	Moverse hacia la izquierda
S	Retroceder
D	Moverse hacia la derecha
Espacio	Guardar posición del usuario en la feria

Figura 7.4: Lista de comandos

■ Mapa

- Puntos de teletransporte

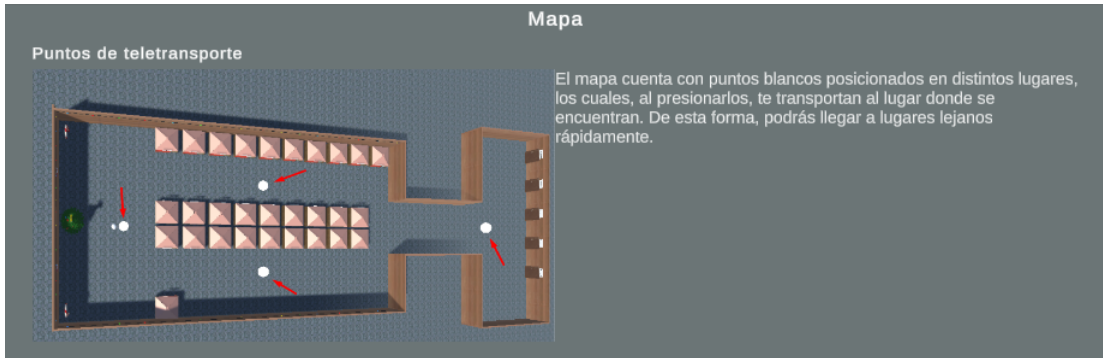


Figura 7.5: Puntos de teletransporte

- Categorías

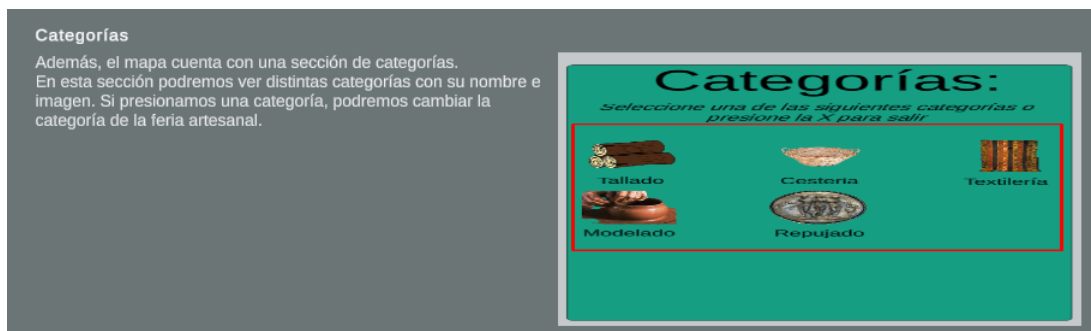


Figura 7.6: Categorías

- **Puesto artesanal**

- Entrar a un puesto artesanal



Figura 7.7: Entrar a un puesto artesanal

- Ver detalles de una pieza artesanal



Figura 7.8: Ver detalles de una pieza artesanal

- Ver carrito de compras

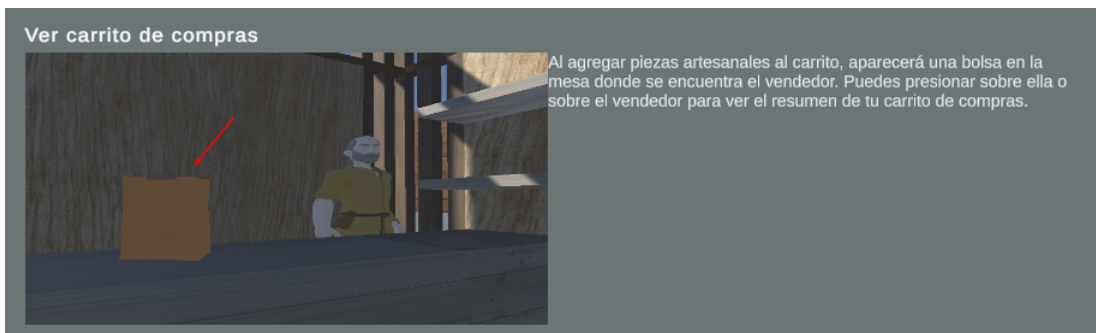


Figura 7.9: Ver carrito de compras

7.1.6. Documentación de desarrollo

7.1.7. Documentación de la API

Para la creación de la documentación de la API se utilizó Postman [52], en el cual se puede escribir toda la documentación de la API, visualizando las rutas válidas, además de los valores que esta puede recibir o enviar. Para acceder a la documentación, Postman entrega la siguiente URL: <https://documenter.getpostman.com/view/5709747/UzQuN55N>

FERIA-API

Introduction

- ▶ Producto
- ▶ Puesto Artesanal
- ▶ Tecnica
- ▶ Administrador
- ▶ Artesano
- ▶ Feria Artesanal
- ▶ Login
- ▶ Material

POST Crear pieza artesanal

`http://localhost:8080/api/Producto/`

BODY raw

```
{
  "prod_nombre": "Lampara 2",
  "prod_ubicacion": "1 ",
  "prod_principal": "1",
  "materiales_productos": 2
}
```

Puesto Artesanal

GET Obtener todos los puestos artesanales con sus piezas artesanales

`http://localhost:8080/api/PuestoArtesanal/1`

BODY raw

```
{
  "pArt_nombre": "Artesanias Rocco"
}
```

Figura 7.10: Documentación API

Capítulo 8

Conclusiones

8.1. Conclusiones

Esta tesis se centró en el desarrollo de una plataforma que simula una feria artesanal en un entorno 3D, con el objetivo de apoyar el sector artesanal. Durante la evolución de la plataforma, se enfrentaron desafíos técnicos notables, particularmente en la primera versión. Para solventar estas limitaciones, se optó por llevar a cabo una transición del framework "A-Frame" a "Unity". Esta migración representó un hito significativo en el desarrollo, requiriendo una reestructuración exhaustiva de la feria desde sus cimientos para adaptarse al nuevo motor de videojuegos, Unity. En consecuencia, se llevó a cabo un rediseño de las interfaces, con el fin de asegurar una integración perfecta y aprovechar al máximo las capacidades de esta nueva tecnología. Además de esta transición técnica, se enumeran las siguientes mejoras:

1. Se incorporó la pasarela de pagos "PayPal" para facilitar la compra de piezas artesanales directamente desde la plataforma.
2. Se llevó a cabo un estudio sobre la creación de modelos 3D, con el objetivo de proporcionar alternativas sencillas para que los artesanos puedan digitalizar sus piezas artesanales.
3. Se ejecutó una prueba de usabilidad denominada "NASA-TLX" para obtener retroalimentación directa de los usuarios y realizar ajustes en las funcionalidades que generaban dificultades.

En línea con los objetivos trabajados, la principal contribución de este proyecto fue mejorar el rendimiento y realismo de la feria artesanal 3D, además de ofrecer a los clientes la posibilidad de adquirir piezas artesanales desde la misma plataforma. Una de las dificultades

destacadas fue el aprendizaje del motor de videojuegos Unity y su lenguaje de programación C#. No obstante, este trabajo presenta algunas limitaciones y puntos que podrían mejorarse con trabajos futuros:

1. Se identifica una limitación en la escalabilidad, actualmente con un máximo de 38 puestos artesanales por categoría. Se propone la implementación de un sistema de pisos, permitiendo una cantidad ilimitada de puestos sin afectar el rendimiento, manteniendo siempre hasta 38 puestos por piso.
2. Para facilitar la navegación, especialmente para aquellos usuarios menos familiarizados con controles de teclado, se plantea la adición de un sistema alternativo de navegación basado en clics en lugar de teclas direccionales (WASD).
3. Una perspectiva adicional para mejorar la orientación del usuario sería ofrecer una vista isométrica de la feria, acompañada de la animación del modelo 3D del usuario. Esta opción puede simplificar la experiencia y la orientación del usuario durante la exploración.
4. Considerando los hallazgos de la evaluación con Nasa TLX, donde algunos participantes necesitaron tiempo para familiarizarse con las funcionalidades, se propone el desarrollo de un tutorial interactivo. Este tutorial, guiado por un personaje no jugable (NPC), tendría como objetivo instruir a los usuarios sobre las diferentes funcionalidades de la feria.
5. Para facilitar la retroalimentación continua de los usuarios, se sugiere implementar un sistema de comentarios. Esto permitiría a los usuarios expresar sus opiniones sobre los puestos artesanales o la feria en general, proporcionando información valiosa para futuras mejoras y actualizaciones.

Apéndice A

Anexo 1

A.1. Requerimientos Funcionales

ID	Requerimiento	Descripción
RF-010	Autenticarse en la plataforma	El sistema debe permitir que el artesano pueda autenticarse en la plataforma.
RF-011	Ingresar las piezas artesanales	La plataforma debe permitir que el artesano pueda ingresar una pieza artesanal con descripción, un modelo 3D y una fotografía. Además, definir su disponibilidad.
RF-012	Visualizar un listado de las piezas artesanales	El artesano puede visualizar un listado de todas sus piezas artesanales.
RF-013	Actualizar la descripción y disponibilidad de las piezas artesanales	El artesano puede actualizar la descripción de una pieza artesanal ingresada anteriormente y para controlar la visualización en la plataforma el artesano puede modificar su disponibilidad.
RF-014	Eliminar pieza artesanal	El artesano puede eliminar una pieza artesanal.
RF-015	Definir la ubicación de las piezas artesanales	La plataforma debe permitir que el artesano defina las piezas artesanales principales, que se visualizarán en el puesto y su ubicación.

Tabla A.1: Requerimientos funcionales del Artesano

ID	Requerimiento	Descripción
RF-016	Autenticarse en la plataforma	El sistema debe permitir que el administrador pueda autenticarse en la plataforma.
RF-017	Crear artesano	La plataforma debe permitir que el administrador pueda crear un artesano.
RF-018	Visualizar un listado de artesanos	El administrador puede visualizar un listado de todos los artesanos.
RF-019	Actualizar artesano	El administrador puede actualizar la información del artesano.
RF-020	Eliminar artesano	El administrador puede eliminar un artesano.
RF-021	Distribución de los puestos artesanales	La plataforma debe permitir que el administrador pueda definir el orden de los puestos por su técnica.

Tabla A.2: Requerimientos funcionales del Administrador

A.2. Diagramas de Casos de Uso



Figura A.1: Diagrama de casos de uso - Artesano y Administrador

A.3. Casos de uso

Nombre	CU-006 - Iniciar sesión
Actor	<ol style="list-style-type: none">1. Administrador2. Artesano
Descripción	El usuario ingresa sus credenciales e inicia sesión en la plataforma.
Precondiciones	-
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario debe ingresar a la plataforma.2. El usuario debe iniciar sesión con su usuario y contraseña.3. El sistema debe validar los datos ingresados por el usuario.4. El sistema despliega el perfil del usuario.
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none">3.1 Los datos ingresados son incorrectos.3.2 El sistema muestra un mensaje de error.3.3 El sistema vuelve al ítem 2.
Postcondiciones	El usuario ingresa en la plataforma.

Tabla A.3: Caso de uso CU-006

Nombre	CU-007 - Ingresar pieza artesanal
Actor	Artesano
Descripción	El artesano ingresa el detalle de una pieza artesanal a exhibir.
Precondiciones	El artesano debe estar autenticado en el sistema (Ref. CU-006).
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El artesano selecciona la opción ingresar pieza artesanal. 2. El sistema despliega un formulario con los datos a ingresar. 3. El artesano ingresa los datos solicitados. 4. El artesano ingresa el archivo del modelo 3D. 5. Opcional: El usuario puede ingresar un máximo de tres imágenes. 6. El artesano selecciona ingresar pieza artesanal. 7. El sistema registra los datos y guarda los archivos. 8. El sistema entrega un mensaje del resultado de la operación.
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 7.1 En caso de error al guardar los datos el sistema entregará un mensaje. 7.2 El sistema vuelve al ítem 2.
Postcondiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se registran los datos. 2. Se guardan los archivos.

Tabla A.4: Caso de uso CU-007

Nombre	CU-008 - Definir piezas artesanales principales y su ubicación
Actor	Artesano
Descripción	El artesano selecciona las piezas artesanales y su ubicación.
Precondiciones	El artesano debe estar autenticado en el sistema (Ref. CU-006).
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El artesano selecciona la opción definir piezas artesanales principales. 2. El sistema despliega el listado de piezas artesanales. 3. El artesano selecciona los productos principales. 4. El artesano define la ubicación de las piezas artesanales. 5. El sistema guarda la información. 6. El sistema informa el resultado de la operación.
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 7.1 En caso de error al guardar los datos el sistema entregará un mensaje. 7.2 El sistema vuelve al ítem 2.
Postcondiciones	Se registra las preferencias del artesano.

Tabla A.5: Caso de uso CU-008

Nombre	CU-009 - Visualizar listado de piezas artesanales
Actor	Artesano
Descripción	El artesano visualiza el listado de todas sus piezas artesanales.
Precondiciones	El artesano debe estar autenticado en el sistema (Ref. CU-006).
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El artesano ingresa a la opción consultar piezas artesanales. 2. El sistema consulta las piezas artesanales del artesano (Ref. CU-008). 3. El sistema despliega un listado de las piezas artesanales. 4. El sistema ofrece un acceso a eliminar pieza artesanal (Ref. CU-011). 5. El sistema ofrece un acceso a actualizar pieza artesanal (Ref. CU-010).
Flujo alternativo	-
Postcondiciones	El artesano visualiza el listado de sus piezas artesanales.

Tabla A.6: Caso de uso CU-009

Nombre	CU-010 - Actualizar pieza artesanal
Actor	Artesano
Descripción	El artesano actualiza la descripción y la disponibilidad de una pieza artesanal.
Precondiciones	El artesano debe estar autenticado en el sistema (Ref. CU-006).
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El artesano selecciona actualizar una pieza artesanal. 2. El sistema despliega un formulario para editar la información. 3. El artesano actualiza la descripción de la pieza artesanal. 4. El artesano actualiza la disponibilidad de la pieza artesanal. 5. El artesano selecciona la opción actualizar. 6. El artesano registra los nuevos datos. 7. El sistema informa el resultado de la operación.
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 7.1 En caso de error al guardar los datos el sistema entregará un mensaje de error. 7.2 El sistema vuelve al ítem 2.
Postcondiciones	Los datos son registrados en el sistema.

Tabla A.7: Caso de uso CU-010

Nombre	CU-011 - Eliminar pieza artesanal
Actor	Artesano
Descripción	El artesano elimina una pieza artesanal seleccionada.
Precondiciones	El artesano debe estar autenticado en el sistema (Ref. CU-006).
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El artesano selecciona eliminar una pieza artesanal. 2. El sistema elimina la pieza artesanal. 3. El sistema informa el resultado de la operación.
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 3.1 En caso de error al borrar los datos. El sistema mostrará un mensaje de error. 3.2 El sistema vuelve al ítem 1.
Postcondiciones	El artesano elimina la pieza artesanal.

Tabla A.8: Caso de uso CU-011

Nombre	CU-012 - Crear artesano
Actor	Administrador
Descripción	El administrador crea un nuevo usuario tipo artesano y crea el puesto artesanal asociado.
Precondiciones	El administrador debe estar autenticado en el sistema (Ref. CU-006).
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador ingresa a la opción crear artesano. 2. El sistema despliega un formulario con los datos a ingresar. 3. El administrador ingresa los datos solicitados. 4. El administrador selecciona crear artesano. 5. El sistema registra los datos del artesano. 6. El sistema crea el puesto artesanal asociado al artesano. 7. El sistema entrega un mensaje del resultado de la operación.
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 5.1 En caso de error al guardar los datos. El sistema mostrará un mensaje de error. 5.2 El sistema vuelve al ítem 2.
Postcondiciones	El administrador crea un artesano.

Tabla A.9: Caso de uso CU-012

Nombre	CU-013 - Definir ubicación de los puestos artesanales.
Actor	Administrador
Descripción	El administrador define la ubicación de los puestos artesanales de acuerdo con su técnica.
Precondiciones	El administrador debe estar autenticado en el sistema (Ref. CU-006).
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador selecciona la opción definir grupo. 2. El sistema despliega el listado de artesanos. 3. El administrador selecciona los artesanos del rubro. 4. El administrador define la ubicación de cada artesano. 5. El sistema guarda la información. 6. El sistema informa el resultado de la operación.
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 5.1 En caso de error al guardar los datos. El sistema mostrará un mensaje de error. 5.2 El sistema vuelve al ítem 2.
Postcondiciones	Se registra el orden de los puestos artesanales.

Tabla A.10: Caso de uso CU-013

Nombre	CU-014 - Visualizar listado de artesanos
Actor	Administrador
Descripción	El administrador visualiza un listado con los artesanos.
Precondiciones	El administrador debe estar autenticado en el sistema (Ref. CU-006).
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador ingresa a la opción consultar artesanos. 2. El sistema consulta los artesanos. 3. El sistema despliega el listado de artesanos. 4. El sistema ofrece un acceso para eliminar un artesano (Ref. CU-015).
Flujo alternativo	-
Postcondiciones	El administrador visualiza un listado de los artesanos.

Tabla A.11: Caso de uso CU-014

Nombre	CU-015 - Eliminar artesano
Actor	Administrador
Descripción	El administrador debe eliminar un artesano.
Precondiciones	El administrador debe estar autenticado en el sistema (Ref. CU-006).
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador selecciona eliminar artesano. 2. El sistema elimina las piezas artesanales asociadas al artesano. 3. El sistema elimina el artesano. 4. El sistema informa el resultado de la operación.
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 4.1 En caso de error al borrar los datos. El sistema mostrará un mensaje de error. 4.2 El sistema vuelve al ítem 1.
Postcondiciones	El administrador elimina el artesano.

Tabla A.12: Caso de uso CU-015

Nombre	CU-016 - Actualizar artesano
Actor	Administrador
Descripción	El administrador actualiza la información y el estado de un artesano.
Precondiciones	El administrador debe estar autenticado en el sistema (Ref. CU-006).
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador selecciona actualizar artesano. 2. El sistema despliega un formulario para editar la información. 3. El administrador actualiza la información. 4. El administrador actualiza el estado del artesano. 5. El administrador selecciona la opción actualizar. 6. El sistema registra los nuevos datos. 7. El sistema informa el resultado de la operación.
Flujo alternativo	<ol style="list-style-type: none"> 7.1 En caso de error al guardar los datos. El sistema mostrará un mensaje de error. 7.2 El sistema vuelve al ítem 2.
Postcondiciones	Los datos son registrados en el sistema.

Tabla A.13: Caso de uso CU-016

A.4. Diagramas de secuencias

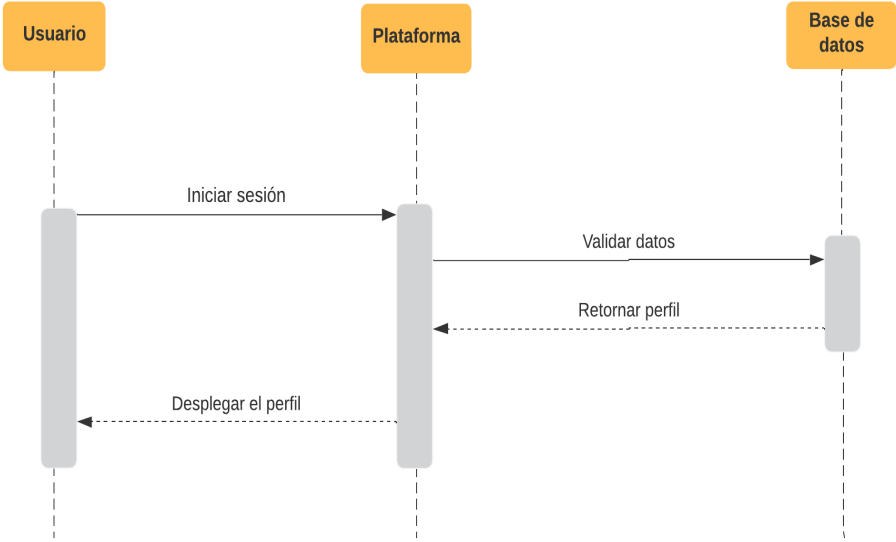


Figura A.2: Diagrama de secuencia CU-006

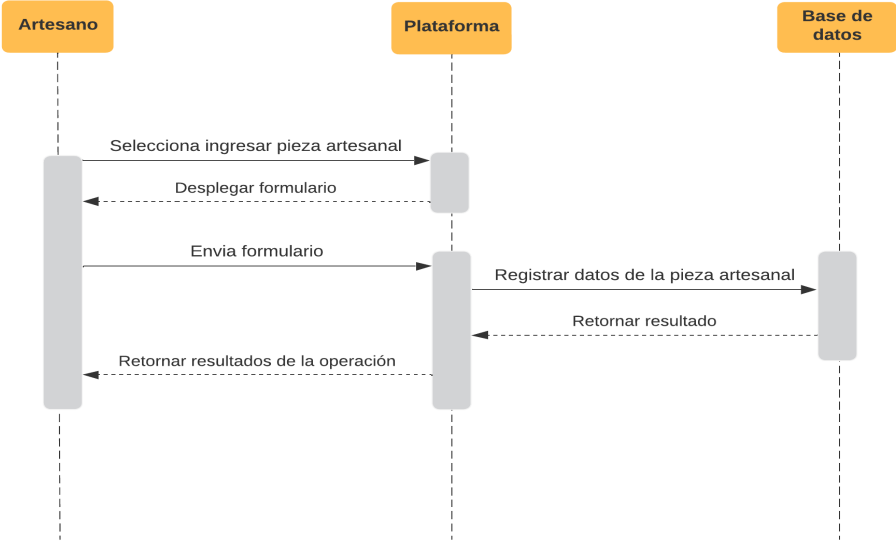


Figura A.3: Diagrama de secuencia CU-007

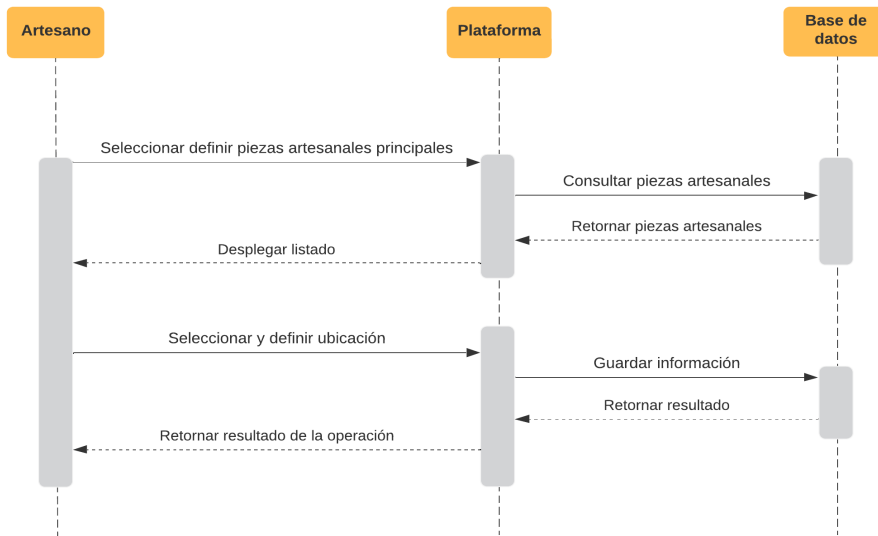


Figura A.4: Diagrama de secuencia CU-008

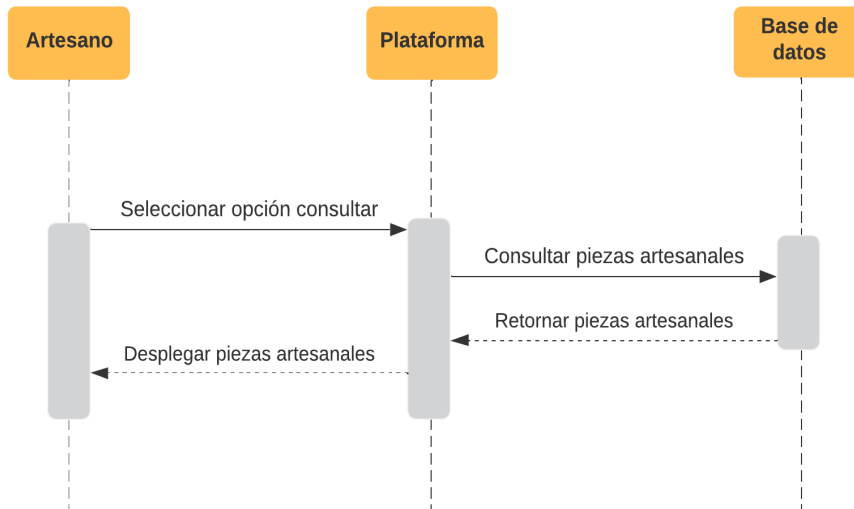


Figura A.5: Diagrama de secuencia CU-009

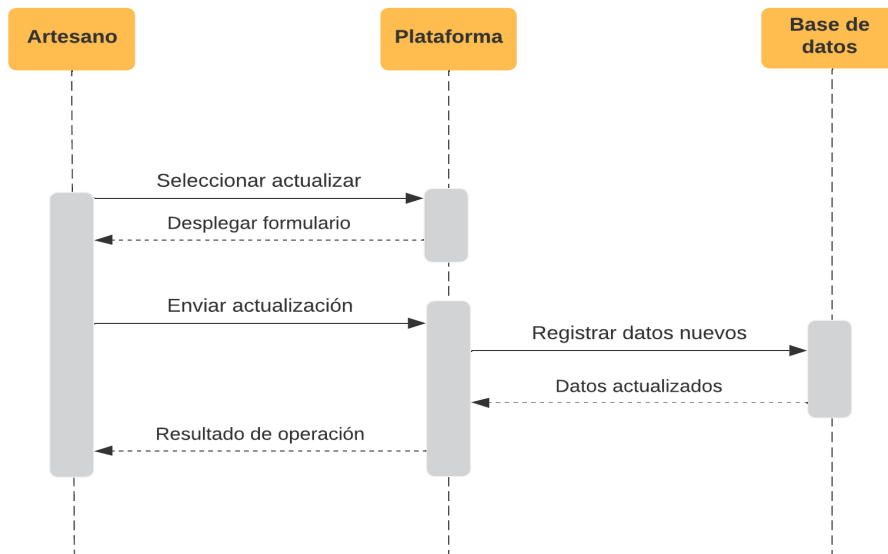


Figura A.6: Diagrama de secuencia CU-010

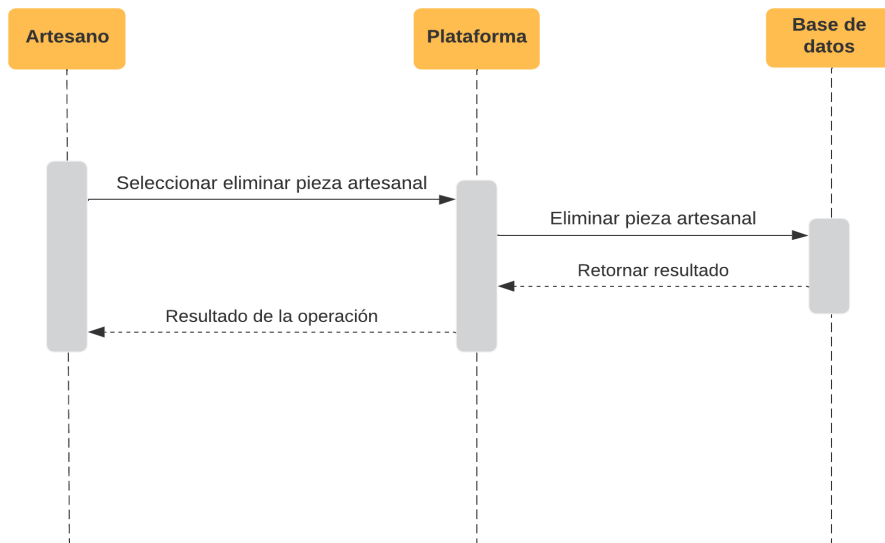


Figura A.7: Diagrama de secuencia CU-011

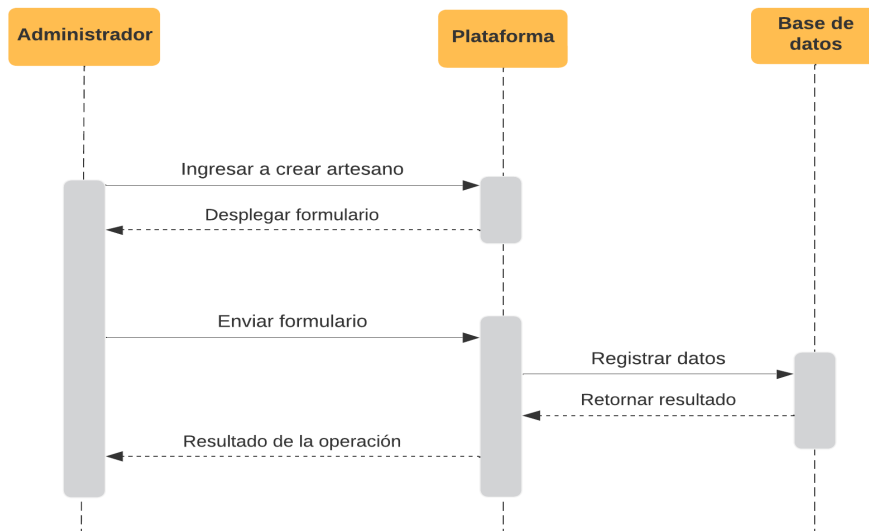


Figura A.8: Diagrama de secuencia CU-012

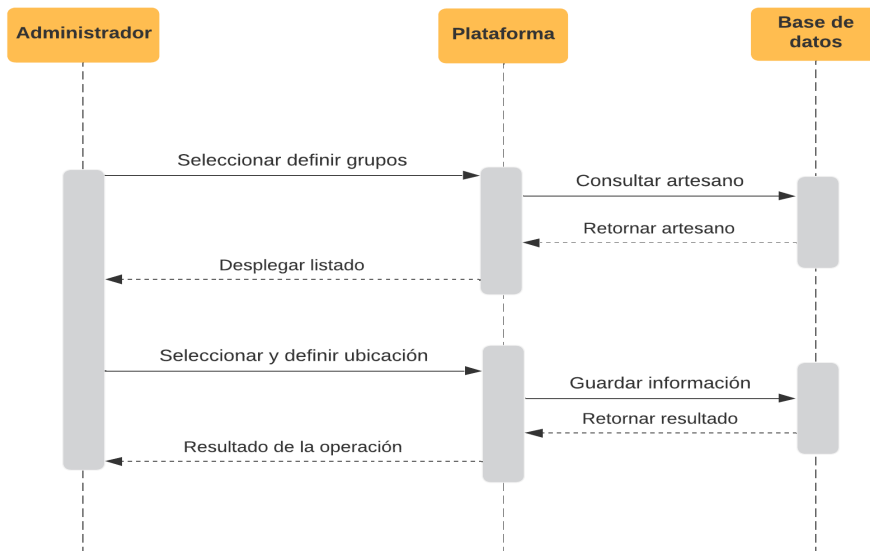


Figura A.9: Diagrama de secuencia CU-013

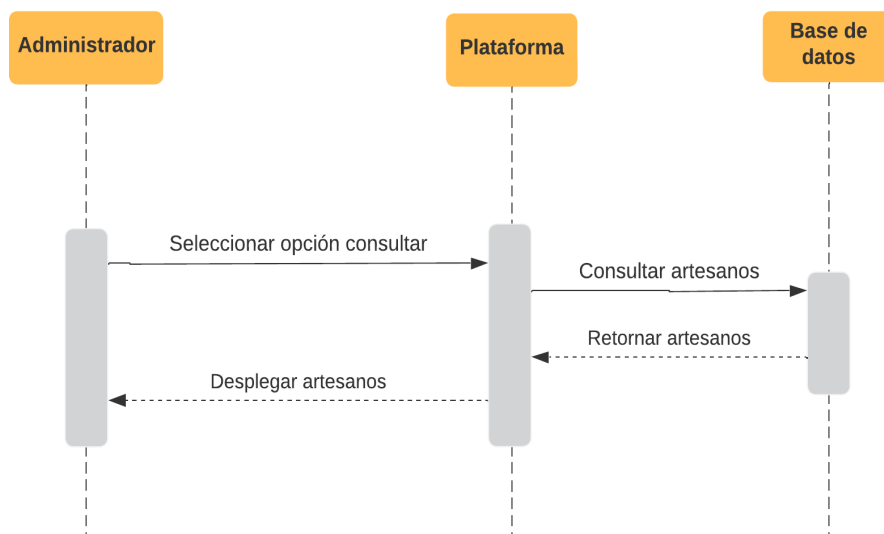


Figura A.10: Diagrama de secuencia CU-014

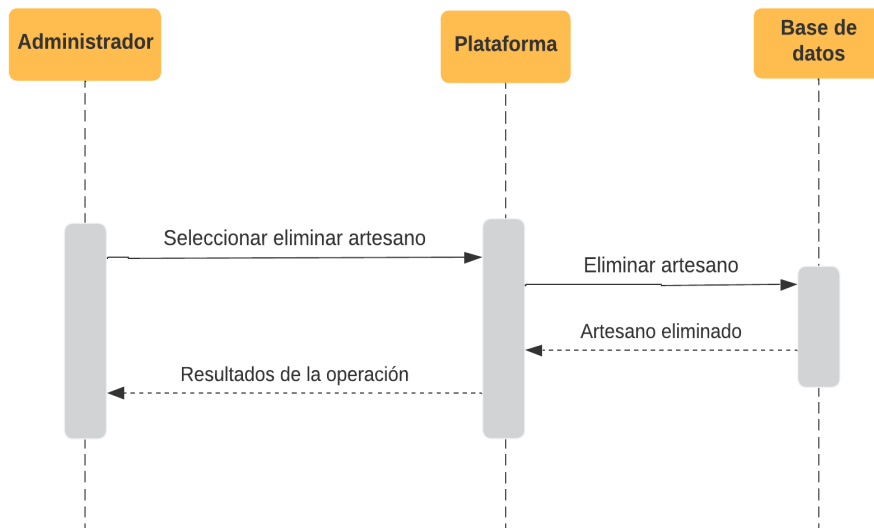


Figura A.11: Diagrama de secuencia CU-015

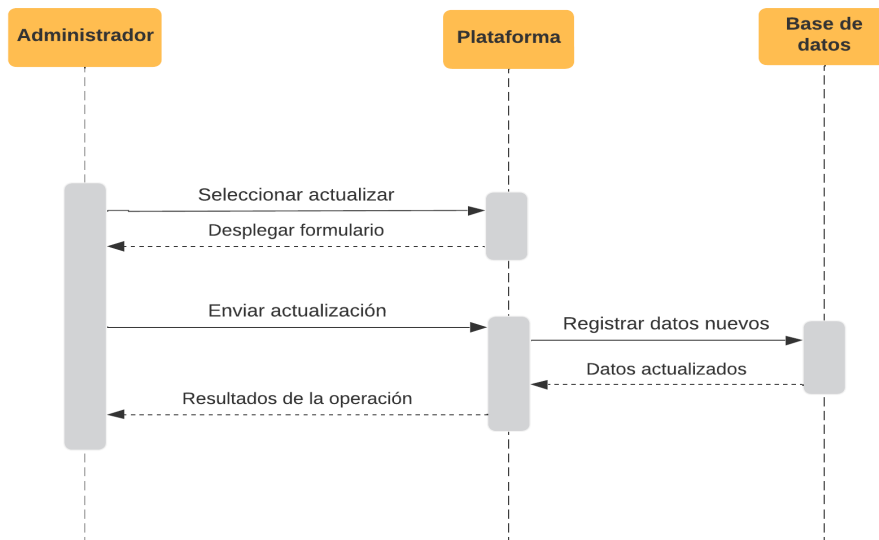


Figura A.12: Diagrama de secuencia CU-016

A.5. Prototipos de interfaces gráficas

El prototipo de la figura A.13 muestra un mensaje de bienvenida y una lista de los principales comandos para navegar por la feria. También se incluye un checkbox que permite al usuario no volver a mostrar este mensaje y un botón para cerrar la interfaz.

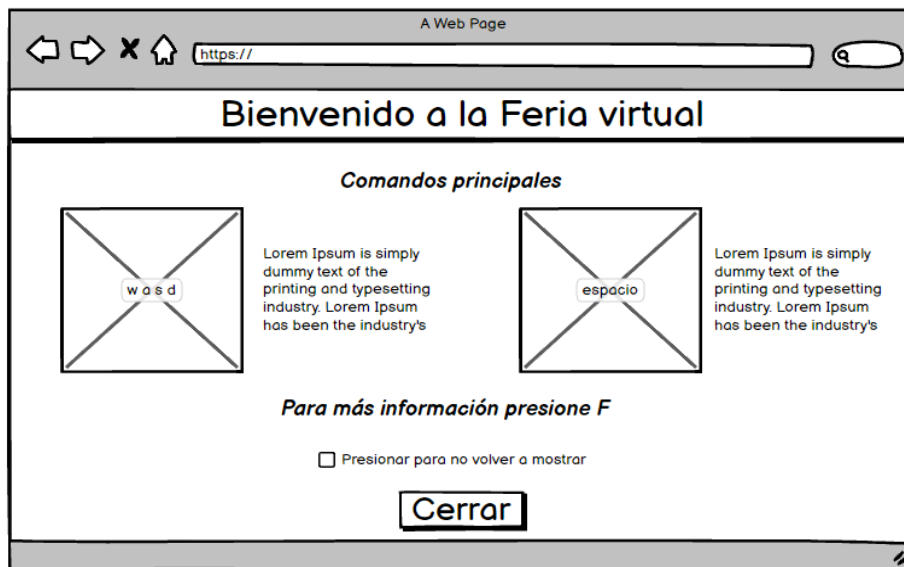


Figura A.13: Prototipo del mensaje de bienvenida

El prototipo de la figura [A.14](#) muestra la estructura básica del mapa de la feria artesanal 3D. En la parte izquierda de la pantalla se muestra una vista en 3D de la feria artesanal, mientras que en la parte derecha se encuentra una sección de técnicas con botones que representan cada una de las técnicas de la feria artesanal. Al hacer clic en uno de los botones, se cambia la técnica actual de la feria.

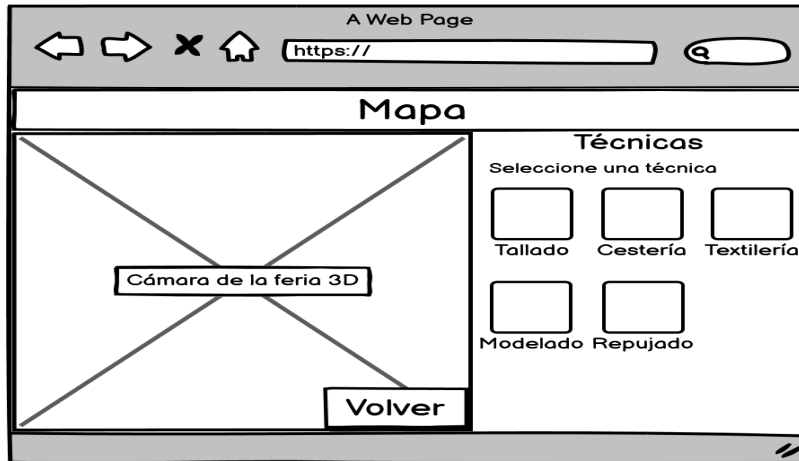


Figura A.14: Prototipo del mapa

La figura [A.15](#) muestra el prototipo de la guía de usuario de la feria artesanal 3D. En este wireframe, se presenta una lista de comandos junto con sus descripciones, además de ofrecer explicaciones detalladas de cada función incorporada en el sistema.

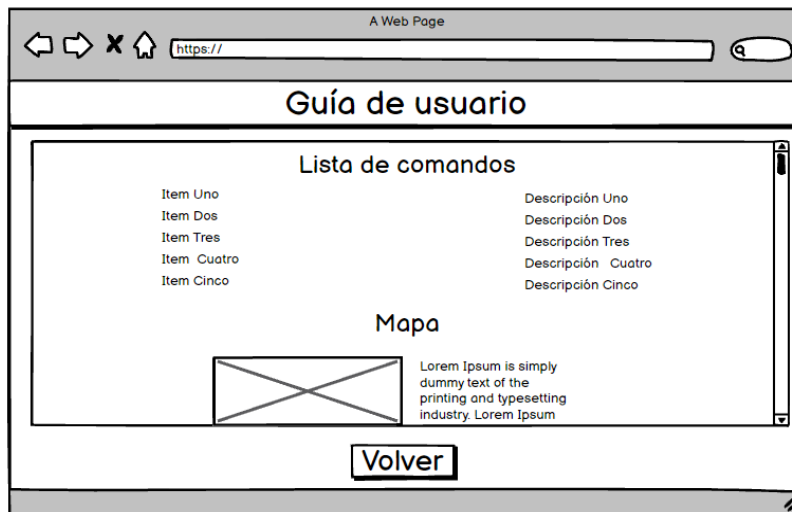


Figura A.15: Prototipo de la guía de usuario

La figura A.16 muestra el prototipo del catálogo. En ella se puede ver una grilla con todas las piezas artesanales pertenecientes a un puesto artesanal en específico, cada pieza se presenta con su nombre, imagen y precio.

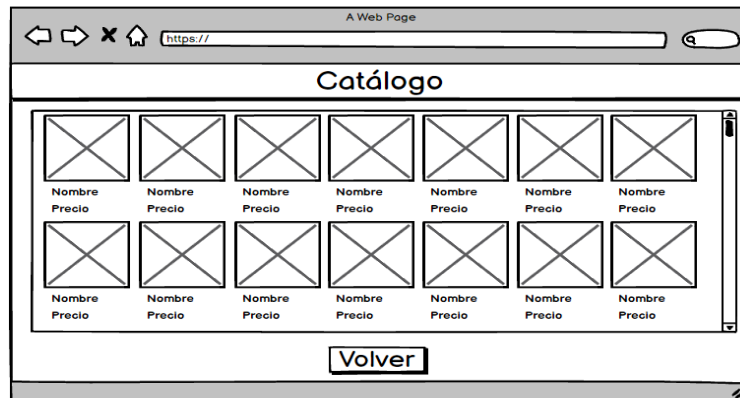


Figura A.16: Prototipo del catálogo

A.6. Interfaces

La figura A.17 muestra la interfaz de bienvenida de la feria artesanal 3D, la cual se presenta al usuario al iniciar la aplicación. Esta interfaz proporciona información útil al usuario, incluyendo los principales comandos para recorrer la feria y un mensaje que indica que se puede obtener más información presionando la tecla F. Además, se incluye un checkbox para permitir al usuario evitar que el mensaje de bienvenida aparezca en futuras ocasiones, y un botón para cerrar la interfaz.



Figura A.17: Mensaje de bienvenida

La figura [A.18](#) es una herramienta de navegación fundamental en la feria artesanal 3D, ya que permite al usuario explorar los distintos puestos según su categoría de interés. Esta interfaz se compone de dos paneles: a la izquierda, un mapa en 3D de la feria que muestra la ubicación de cada puesto y su distribución en el espacio; a la derecha, una sección de categorías con botones que representan cada una de las categorías disponibles en la feria, como tallado o textilería. Al presionar uno de estos botones, se actualiza la vista en 3D para mostrar únicamente los puestos que corresponden a la categoría seleccionada, facilitando la navegación y la búsqueda de piezas artesanales específicas. La interfaz se ha diseñado con una disposición intuitiva y fácil de usar, para que el usuario pueda navegar por la feria de manera efectiva y encontrar rápidamente lo que busca.



Figura A.18: Mapa

La figura [A.19](#) proporciona información detallada sobre cómo utilizar la feria artesanal 3D. Esta interfaz presenta una lista de comandos y una sección con los puntos de interés de la feria, lo que permite a los usuarios explorar y descubrir los aspectos más interesantes del evento. La Guía de Usuario es una herramienta útil para los usuarios nuevos y experimentados, ya que les proporciona una forma rápida y sencilla de navegar y conocer la feria artesanal en profundidad. En secciones posteriores del presente documento se detalla el diseño y desarrollo de estas funcionalidades.

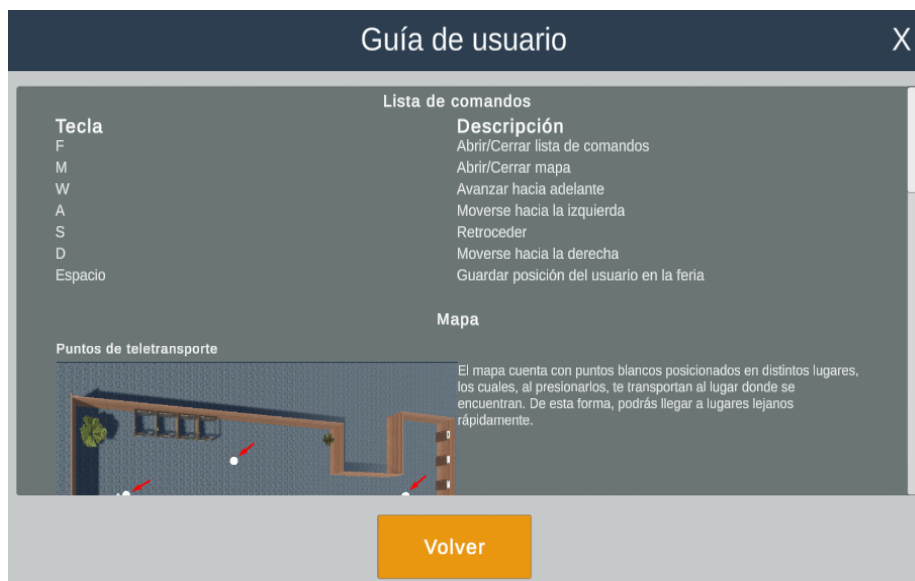


Figura A.19: Guía de usuario

La interfaz de la figura [A.20](#) muestra una grilla que contiene las piezas artesanales disponibles en un puesto artesanal específico. Esta grilla presenta información relevante como la imagen de la pieza artesanal, su título y su precio. Si se desea obtener más información acerca de una pieza en particular, se puede hacer clic sobre ella y se mostrará la interfaz Detalles de una pieza artesanal. Allí se amplía la información y se ofrecen detalles sobre las características de la pieza, su precio y otras informaciones adicionales. La interfaz de Catálogo permite a los usuarios explorar las diferentes piezas artesanales disponibles en un puesto de forma rápida y fácil.



Figura A.20: Catálogo

Apéndice B

Anexo 2

B.1. Pruebas con Usuarios

B.1.1. Nasa TLX

Tarea 1: Consultar mapa y selección de categoría

	Variable	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
	Id usuario	7	22	260	379	484	621	797	843
	Id tarea	1	1	1	1	1	1	1	1
Peso	Exigencia mental	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
	Exigencia Física	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
	Exigencia Temporal	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	Rendimiento	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
	Esfuerzo	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
	Frustración	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Puntuación	Exigencia mental	85	10	50	50	20	70	100	5
	Exigencia Física	5	5	5	50	20	5	5	5
	Exigencia Temporal	5	5	50	95	10	5	50	5
	Rendimiento	50	5	50	50	20	5	80	5
	Esfuerzo	70	5	75	75	20	5	100	5
	Frustración	70	5	95	50	5	5	70	5

Tabla B.1: Resultados por participante al aplicar el método Nasa TLX a la Tarea 1 - Parte 1

Puntuación convertida	Exigencia mental	425	50	250	250	100	350	500	25
	Exigencia Física	25	25	25	250	100	25	25	25
	Exigencia Temporal	25	25	250	475	50	25	250	25
	Rendimiento	250	25	250	250	100	25	400	25
	Esfuerzo	350	25	375	375	100	25	500	25
	Frustración	350	25	475	250	25	25	350	25
Puntuación ponderada	Exigencia mental	268	32	158	158	63	221	315	16
	Exigencia Física	3	3	3	30	12	3	3	3
	Exigencia Temporal	8	8	75	143	15	8	75	8
	Rendimiento	95	10	95	95	38	10	152	10
	Esfuerzo	133	10	143	143	38	10	190	10
	Frustración	42	3	57	30	3	3	42	3
Puntaje ponderado total		549	66	531	599	169	255	777	50
Media ponderada global		374.5							

Tabla B.2: Resultados por participante al aplicar el método Nasa TLX a la Tarea 1 - Parte 2

Tarea 2: Acceder a puesto artesanal

	Variable	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
	Id usuario	7	22	260	379	484	621	797	843
	Id tarea	2	2	2	2	2	2	2	2
Peso	Exigencia mental	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Exigencia Física	0	0	0	0	0	0	0	0
	Exigencia Temporal	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
	Rendimiento	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
	Esfuerzo	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	Frustración	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Puntuación	Exigencia mental	5	5	50	25	5	5	5	10
	Exigencia Física	5	5	5	15	5	5	5	10
	Exigencia Temporal	5	5	75	75	5	5	10	5
	Rendimiento	5	10	5	25	15	5	30	5
	Esfuerzo	5	10	75	25	10	5	30	5
	Frustración	5	5	95	15	5	5	5	5
Puntuación convertida	Exigencia mental	25	25	250	125	25	25	25	50
	Exigencia Física	25	25	25	75	25	25	25	50
	Exigencia Temporal	25	25	375	375	25	25	50	25
	Rendimiento	25	50	25	125	75	25	150	25
	Esfuerzo	25	50	375	125	50	25	150	25
	Frustración	25	25	475	75	25	25	25	25
Puntuación ponderada	Exigencia mental	13	13	125	63	13	13	13	25
	Exigencia Física	0	0	0	0	0	0	0	0
	Exigencia Temporal	16	16	236	236	16	16	32	16
	Rendimiento	10	19	10	48	29	10	57	10
	Esfuerzo	6.3	13	94	31	13	6.3	38	6.3
	Frustración	6.3	6.3	119	19	6.3	6.3	6.3	6.3
Puntaje ponderado total		51.6	67.3	584	397	77.3	51.6	146.3	63.6
Media ponderada global		179,8							

Tabla B.3: Resultados por participante al aplicar el método Nasa TLX a la Tarea 2

Tarea 3: Agregar pieza y ver resumen del carrito de compras

	Variable	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
	Id usuario	7	22	260	379	484	621	797	843
	Id tarea	3	3	3	3	3	3	3	3
Peso	Exigencia mental	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
	Exigencia Física	0	0	0	0	0	0	0	0
	Exigencia Temporal	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
	Rendimiento	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
	Esfuerzo	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Frustración	0	0	0	0	0	0	0	0
Puntuación	Exigencia mental	80	10	50	75	10	5	50	30
	Exigencia Física	15	5	50	25	5	5	10	5
	Exigencia Temporal	5	10	50	95	5	5	10	35
	Rendimiento	70	5	50	75	10	5	20	30
	Esfuerzo	75	5	50	50	15	5	40	30
	Frustración	70	5	50	75	5	5	80	35
Puntuación convertida	Exigencia mental	400	50	250	375	50	25	250	150
	Exigencia Física	75	25	250	125	25	25	50	25
	Exigencia Temporal	25	50	250	475	25	25	50	175
	Rendimiento	350	25	250	375	50	25	100	150
	Esfuerzo	375	25	250	250	75	25	200	150
	Frustración	350	25	250	375	25	25	400	175
Puntuación ponderada	Exigencia mental	252	32	158	236	32	16	158	95
	Exigencia Física	0	0	0	0	0	0	0	0
	Exigencia Temporal	3	6	30	57	3	3	6	21
	Rendimiento	221	16	158	236	32	16	63	95
	Esfuerzo	188	13	125	125	38	13	100	75
	Frustración	0	0	0	0	0	0	0	0
Puntaje ponderado total		664	67	471	654	105	48	327	286
Media ponderada global		327,8							

Tabla B.4: Resultados por participante al aplicar el método Nasa TLX a la Tarea 3

Tarea 4: Completar compra

	Variable	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8
	Id usuario	7	22	260	379	484	621	797	843
	Id tarea	4	4	4	4	4	4	4	4
Peso	Exigencia mental	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
	Exigencia Física	0	0	0	0	0	0	0	0
	Exigencia Temporal	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
	Rendimiento	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
	Esfuerzo	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
	Frustración	0	0	0	0	0	0	0	0
Puntuación	Exigencia mental	80	5	25	50	30	5	20	20
	Exigencia Física	70	5	5	25	15	5	5	15
	Exigencia Temporal	50	10	75	50	20	5	10	20
	Rendimiento	70	5	75	50	20	5	20	20
	Esfuerzo	80	5	75	25	20	5	20	20
	Frustración	80	5	50	50	5	5	20	25
Puntuación convertida	Exigencia mental	400	25	125	250	150	25	100	100
	Exigencia Física	350	25	25	125	75	25	25	75
	Exigencia Temporal	250	50	375	250	100	25	50	100
	Rendimiento	350	25	375	250	100	25	100	100
	Esfuerzo	400	25	375	125	100	25	100	100
	Frustración	400	25	250	250	25	25	100	125
Puntuación ponderada	Exigencia mental	252	16	79	158	95	16	63	63
	Exigencia Física	0	0	0	0	0	0	0	0
	Exigencia Temporal	63	13	93	63	25	6.3	13	25
	Rendimiento	133	10	143	95	38	10	38	38
	Esfuerzo	252	16	236	79	63	16	63	63
	Frustración	0	0	0	0	0	0	0	0
Puntaje ponderado total		700	55	551	395	221	48.3	177	189
Media ponderada global		292							

Tabla B.5: Resultados por participante al aplicar el método Nasa TLX a la Tarea 4

Bibliografía

- [1] “Artesanía chilena - memoria chilena.” [Online]. Available: <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-556.html>
- [2] “Coronavirus disease (covid-19).” [Online]. Available: <https://www.who.int/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019>
- [3] E. G. S. o. Business, “Efectos del coronavirus en la economía mundial.” [Online]. Available: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2020/04/efectos-del-coronavirus-en-la-economia-mundial/>
- [4] M. B. Johanna, G. Nora, and C. Florencia, “¿nuevos problemas o profundización de desigualdades preexistentes? los impactos de la pandemia del covid-19 en el sector del ladrillo artesanal en argentina,” 2021. [Online]. Available: <http://www.scielo.org.ar/pdf/tys/v21n36/1514-6871-tys-21-36-54.pdf>
- [5] W. H. Sarmiento-Espinoza, K. A. Luna-Altamirano, M. A. Lituma-Yascaribay, and J. P. Guallpa-Urgiles, “Reactivación económica en el sector artesanal de la pequeña industria en la ciudad de cuenca-ecuador por la emergencia sanitaria,” *Dominio de las Ciencias*, vol. 7, no. 2, pp. 162–179, 2021.
- [6] A. G. Gavilanez Mezones, “Desafíos del comercio artesanal en tiempos de covid-19 y su incidencia en los niveles de ingresos familiares. parroquia la pila.” B.S. thesis, Jipijapa. UNESUM, 2021.
- [7] D. Garcés, “Los artesanos en chile enfrentan crisis económica debido a la pandemia del coronavirus,” Jun 2020. [Online]. Available: <https://magisterenperiodismo.com/elfenix/manos-a-la-obra-los-artesanos-en-chile-buscan-formas-de-enfrentar-la-crisis-economica/>
- [8] D. Hills, A. Aguilera, and J.-L. Perez-Medina, “An interactive 3d interface for a virtual chilean artisan fairs,” *2021 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, 2021.

- [9] L. J. M. Aguilar, “Desarrollo de un entorno virtual para visualización 3d de los riesgos que se pueden presentar dentro de las instalaciones de la universidad autónoma de occidente,” 2011.
- [10] D. Jacob, “Entornos virtuales tridimensionales tecnología de punta en educación.” [Online]. Available: <https://ceted.acatlan.unam.mx/ev3d.html>
- [11] “Cómo hacer modelos 3d.” [Online]. Available: <https://www.artec3d.com/es/learning-center/how-make-3d-models>
- [12] R. H. Shih and P. J. Schilling, *Parametric modeling with Solidworks 2021: Covers material found on the CSWA exam*. SDC Publications, 2021.
- [13] V. Kuusela, “3d modeling pipeline for games,” 2022.
- [14] W. Vaughan, *Digital Modeling*, ser. [digital]. Pearson Education, 2011. [Online]. Available: https://books.google.cl/books?id=HRn_DIRtB6kC
- [15] A. Haleem, M. Javaid, R. P. Singh, S. Rab, R. Suman, L. Kumar, and I. H. Khan, “Exploring the potential of 3d scanning in industry 4.0: An overview,” *International Journal of Cognitive Computing in Engineering*, vol. 3, pp. 161–171, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666307422000171>
- [16] I. Sangacha and A. René, “Desarrollo del entorno 3d del videojuego la dama, mediante el uso de las técnicas de modelado y texturizado.” B.S. thesis, Quito: UCE, 2016.
- [17] C. G. Morcillo. [Online]. Available: <https://www.esi.uclm.es/www/cglez/fundamentos3D/03.08.Mapeado.html>
- [18] C. b. Admin, “Render 3d: Definición y usos,” Jul 2018. [Online]. Available: <https://visual4.es/render-3d/>
- [19] T. Parisi, *WebGL: up and running*, 2012.
- [20] D. Solis Fonseca, W. Roque Pérez, and M. L. Morilla Faurés, “Pasarela de pagos para la seguridad de transacciones bancarias en línea,” *3C Empresa. Investigación y pensamiento crítico*, vol. 2, no. 6, ago. 2013. [Online]. Available: <http://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-empresa/article/view/164>
- [21] J. S. Dumas, J. S. Dumas, and J. Redish, *A practical guide to usability testing*. Intellect books, 1999.
- [22] J. Nielsen, “Ten usability heuristics,” 2005.

- [23] M. A. Mascheroni, C. L. Greiner, R. H. Petris, G. N. Dapozo, and M. G. Estayno, “Calidad de software e ingeniería de usabilidad,” in *XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 2012.
- [24] Método nasa-tlx. [Online]. Available: https://ergomedia.isl.gob.cl/app_ergo/nasatlx/nasa-tlx.pdf
- [25] I. Remolar, M. Chover, R. Quiros, J. Gumbau, F. Ramos, P. Castello, and C. Rebollo, “Virtual trade fair: A multiuser 3d virtual world for business,” in *2010 International Conference on Cyberworlds*. IEEE, Oct. 2010. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1109/cw.2010.52>
- [26] Y. Ji, J. Zhou, P. Tan, and T. Fu, “Exploring traditional handicraft learning mode using WebAR technology,” in *Proceedings of Asian CHI Symposium 2019: Emerging HCI Research Collection*. ACM, May 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3309700.3338453>
- [27] M. Carrozzino, C. Evangelista, A. Scucces, F. Tecchia, G. Tennirelli, and M. Bergamasco, “The virtual museum of sculpture,” in *Proceedings of the 3rd international conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts - DIMEA '08*. ACM Press, 2008. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/1413634.1413657>
- [28] “Ferias virtuales: Virtual expo.” [Online]. Available: <https://www.chilemapping.cl/ferias-virtuales>
- [29] J. Dambruch and M. Krämer, “Leveraging public participation in urban planning with 3d web technology,” in *Proceedings of the Nineteenth International ACM Conference on 3D Web Technologies - Web3D '14*. ACM Press, 2014. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/2628588.2628591>
- [30] J. F. Oliveira and M. R. Gomes, “Virtual reality interfaces applied to web-based 3d e-commerce,” Ph.D. dissertation, Universidade do Porto, 2014.
- [31] J. P. Danixa Hills, Ana Aguilera, *Feria Artesanal Digital*. Escuela de Ingeniería Informática. Universidad de Valparaíso, 2021.
- [32] J. Kadam, P. Manera, and A. Aher, “Experimental study on virtual-reality based retail mall called “v-mart”,” *SSRN Electron. J.*, 2022.
- [33] I. Buyuksalih, S. Bayburt, G. Buyuksalih, A. P. Baskaraca, H. Karim, and A. A. Rahman, “3d modelling and visualization based on the unity game engine – advantages and challenges,” *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing*

- and Spatial Information Sciences*, vol. IV-4/W4, pp. 161–166, 2017. [Online]. Available: <https://isprs-annals.copernicus.org/articles/IV-4-W4/161/2017/>
- [34] A-frame. [Online]. Available: <https://aframe.io/>
- [35] H. Shah and T. R. Soomro, “Node. js challenges in implementation,” *Global Journal of Computer Science and Technology*, vol. 17, no. 2, pp. 73–83, 2017.
- [36] B. B. Rad, H. J. Bhatti, and M. Ahmadi, “An introduction to docker and analysis of its performance,” *International Journal of Computer Science and Network Security (IJCSNS)*, vol. 17, no. 3, p. 228, 2017.
- [37] Paypal. [Online]. Available: <https://www.paypal.com/>
- [38] Occlusion culling. [Online]. Available: <https://docs.unity3d.com/Manual/OcclusionCulling.html>
- [39] R. S. Pressman and J. M. Troya, “Ingeniería del software,” 1988.
- [40] M. Ortiz, “Modelo iterativo.” [Online]. Available: <https://isw-udistrital.blogspot.com/2012/09/ingenieria-de-software-continuacion.html>
- [41] Unity. [Online]. Available: <https://unity.com/es>
- [42] Nodejs. [Online]. Available: <https://nodejs.org/es/>
- [43] Mysql. [Online]. Available: <https://www.mysql.com/>
- [44] G. J. Myers, C. Sandler, and T. Badgett, *The Art of Software Testing*. Wiley, 2011.
- [45] J. Bach, “Exploratory testing explained,” *Online: http://www. satisfice.com/articles/et-article.pdf*.
- [46] R. Binder, *Ingeniería de software: enfoque práctico*. McGraw-Hill, 2002.
- [47] Visual studio. [Online]. Available: <https://visualstudio.microsoft.com/es/>
- [48] J. I. L. Lizarraga, “Motores de desarrollo de videojuegos más populares,” 2017.
- [49] (2021) C#. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/programming-guide/>
- [50] Docker. [Online]. Available: <https://www.docker.com/>
- [51] Install docker desktop. [Online]. Available: <https://docs.docker.com/desktop/>
- [52] Documenting your api. [Online]. Available: <https://learning.postman.com/docs/publishing-your-api/documenting-your-api/>