

**ENTORNO SIMULADO DE LA REALIZACIÓN DE EXÁMENES DE  
INGRESO A LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA – SEDE PIEDRA DE  
BOLÍVAR**

**JOSÉ EDUARDO PÉREZ CENTENO  
CÉSAR EDUARDO CÁRDENAS FUENTES**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS  
CARTAGENA DE INDIAS, 2012**

**ENTORNO SIMULADO DE LA REALIZACIÓN DE EXÁMENES DE  
INGRESO A LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA – SEDE PIEDRA DE  
BOLÍVAR**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN  
GIMATICA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
INTELIGENCIA COMPUTACIONAL**

**DIRECTOR TRABAJO DE GRADO  
MSc. Luis Carlos Tovar Garrido  
Ingeniero de Sistemas  
Docente Universidad de Cartagena**

**INVESTIGADORES  
JOSÉ EDUARDO PÉREZ CENTENO  
CÉSAR EDUARDO CÁRDENAS FUENTES**



**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS  
CARTAGENA DE INDIAS, 2012**

# Contenido

Contenido .....	1
Imágenes.....	3
GLOSARIO .....	6
RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 Antecedentes.....	9
1.2 Planteamiento del problema .....	10
1.3 Formulación Del Problema.....	11
1.4 Justificación del estudio .....	12
1.5 Importancia del estudio .....	14
1.6 Contexto de la investigación.....	14
2. OBJETIVOS .....	16
2.1 Objetivo general .....	16
2.2 Objetivos específicos.....	16
3. ALCANCE DEL PROYECTO .....	17
4. MARCO TEÓRICO .....	18
4.1 Simulación.....	18
4.2 Modelado de estructuras en 3D .....	18
4.3 Interfaz Hombre - Máquina .....	19
4.4 Usabilidad de ambientes virtuales .....	21
4.4.1 Modelo mental.....	21
4.4.2 Aspecto visual .....	22
4.4.3 Tareas de usuario .....	23
5. ESTADO DEL ARTE .....	24

6.	METODOLOGÍA.....	29
6.1	Tipo de investigación .....	29
6.2	Sitio y Tipo de Proyecto .....	29
6.3	Diseño utilizado.....	29
6.4	Procedimiento.....	30
7.	DESARROLLO.....	38
7.1	Instrumentos de Recolección.....	38
7.2	Creación del Modelo Digital .....	39
7.2.1	Modelado.....	39
7.2.2	Texturizado.....	58
7.2.3	Exportar a Unity .....	65
7.2.4	Inserción en Unity .....	68
7.2.5	Lógica .....	70
7.3	Libreto del Juego .....	76
7.4	Entorno Web.....	79
7.5	Gestor de Preguntas .....	80
7.6	Pruebas .....	81
8.	RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	83
8.1	Resultados.....	83
8.2	Conclusiones.....	85
9.	RECOMENDACIONES .....	87

# Imágenes

Imagen 1: La Casa de la Gobernación de Bolívar generada en Blender .....	25
Imagen 2 Ciclo de Vida RUP .....	31
Imagen 3 Casos de Uso .....	32
Imagen 4 Modelo del Dominio.....	33
Imagen 5 Diagrama de Componentes.....	34
Imagen 6 Planos arquitectónicos de la sede Piedra de Bolívar .....	35
Imagen 7 Pantalla inicial de Blender .....	40
Imagen 8 Imagen de referencia .....	40
Imagen 9 Barra de propiedades de 3D View .....	41
Imagen 10 Adición de imagen de referencia .....	41
Imagen 11 Abrir archivo.....	42
Imagen 12 Imagen de referencia preparada.....	43
Imagen 13 Ancho de referencia.....	43
Imagen 14 Alto de referencia .....	44
Imagen 15 Cortes verticales .....	44
Imagen 16 Emparejamiento cortes .....	45
Imagen 17 Cortes emparejados.....	45
Imagen 18 Corte horizontal .....	46
Imagen 19 Corte adicional.....	46
Imagen 20 Geometría Base.....	47
Imagen 21 Vista superior.....	48
Imagen 22 Extracción de caras .....	48
Imagen 23 Escala en X del borde .....	49
Imagen 24 Perspectiva y ranuras .....	49
Imagen 25 Cortes verticales .....	50
Imagen 26 Resultado de extraer y escalar los cortes .....	50
Imagen 27 Cubo adicional.....	51
Imagen 28 Posicionamiento del cubo.....	51
Imagen 29 Cortes verticales .....	51
Imagen 30 Agregando curva con transformación proporcional .....	52

Imagen 31 Resultado esperado .....	52
Imagen 32 Edición en la vista superior .....	53
Imagen 33 Bloque con sombreado flat .....	53
Imagen 34 Bloque con sombreado smooth.....	54
Imagen 35 Imagen de referencia 2 .....	54
Imagen 36 Bandeja de alimentación 1 .....	55
Imagen 37 Cortes paralelos al eje X.....	55
Imagen 38 Emparejamiento del corte .....	56
Imagen 39 Cortes perpendiculares .....	56
Imagen 40 Detalle de bajo relieve .....	56
Imagen 41 Espacio para la bandeja .....	57
Imagen 42 Caras de la parte frontal de la fotocopiadora.....	57
Imagen 43 Adicionar nuevo material (antes) .....	58
Imagen 44 Adicionar un nuevo material (después).....	59
Imagen 45 Cuadro de texturas .....	60
Imagen 46 Coordenadas UV.....	60
Imagen 47 Selección de imagen en el UV Editor para mapear el objeto .....	61
Imagen 48 Unwrap project from view.....	62
Imagen 49 Puntos UV Mapeados en la imagen.....	62
Imagen 50 Activar barra de propiedades .....	63
Imagen 51 Sección principal texturizada.....	63
Imagen 52 Bloque azul texturizado .....	64
Imagen 53 Libros adicionales.....	64
Imagen 54 Varias formas de 1 solo objeto .....	65
Imagen 55 exportando el modelo a formato .fbx.....	66
Imagen 56 Ruta de exportación .....	66
Imagen 57 Opciones de exportación .....	67
Imagen 58 Arrastrando xerox_lowpoly.fbx a una carpeta conocida dentro del proyecto Unity en Standard Assets.....	67
Imagen 59 Fotocopiadora agregada a Unity .....	68
Imagen 60 Materiales de la fotocopiadora incrustados en el inspector .....	69
Imagen 61 Referencia de la textura al material .....	69
Imagen 62 Fotocopiadora en posición.....	70
Imagen 63 Agregar GUIText.....	70

Imagen 64 GUIText "Zona de fotocopias" .....	71
Imagen 65 Agregar cubo 1/2 .....	71
Imagen 66 Agregar cubo 2/2 .....	72
Imagen 67 Cubo después de activar "is trigger" .....	72
Imagen 68 Agregar "Activate trigger" .....	73
Imagen 69 Atributos del componente Activate Trigger en el inspector .....	73
Imagen 70 Activate Trigger seleccionado en la ventana "Project" .....	74
Imagen 71 Contenido "DoActivateTrigger" .....	74
Imagen 72 OnTriggerEnter, OnTriggerStay, OnTriggerExit .....	76
Imagen 73 Icono de información general .....	76
Imagen 74 Icono informativo del Lobby .....	77
Imagen 75 Información en biblioteca .....	77
Imagen 76 Íconos de color amarillo y verde .....	78
Imagen 77 Recomendado el No paso al coliseo para evitar desorientación por parte del observador .....	78
Imagen 78 Recomendado el no paso a las oficinas para evitar desconcierto por parte del observador .....	79
Imagen 79 Opción build settings .....	79
Imagen 80 Opciones de despliegue .....	80
Imagen 81 Portada gestor de preguntas .....	80
Imagen 82 Meme del proyecto. Autor: Carlos Bermúdez .....	81

## GLOSARIO

**IPO:** Disciplina que se ocupa del diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para ser usados por personas y con el estudio los fenómenos principales en los que están involucrados (Hewett, y otros, 2009)

**MODELOS EN 3D:** mundo conceptual en 3 dimensiones. Describe un conjunto de características que, en conjunto, resultarán en una imagen en 3D. Este conjunto de características suele estar formado por objetos poligonales, tonalidades, texturas, sombras, reflejos, transparencias, translucidez, iluminación (directa, indirecta y global), profundidad de campo, desenfoques por movimiento, ambiente, punto de vista, etc. (Alegsa, 2010).

**SIMULACIÓN:** Técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos (Shannon & Johannes, 1976).

**COSTURA (DE TEXTURA):** Cuando una imagen es utilizada para recubrir la superficie de un volumen (texturizar) es más pequeña que la misma, la textura se repite para rellenar; cuando los bordes de la imagen no concuerdan para producir un efecto de continuidad, se produce una línea de interrupción fuerte donde empieza una imagen y termina la anterior, a este efecto se le llama “Línea de Costura”.

**SMMV/SMLV:** Salario Mínimo Mensual Vigente/Salario Mínimo Legal Vigente

**MEME:** En la difusión cultural, un meme (mem) es la unidad teórica de información cultural transmisible de un individuo a otro o de una generación a la siguiente. Es un neologismo basado en la semejanza fonética entre “gene” (i. inglés) y señalar la similitud con “memoria” y “mímesis”.



## RESUMEN

La investigación ENTORNO SIMULADO DE LA REALIZACIÓN DE EXÁMENES DE INGRESO A LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA – SEDE PIEDRA DE BOLÍVAR, presentó el estudio ejecutado sobre algunas carencias en el proceso de realización del examen de admisión en la Universidad de Cartagena, en el cual se pudo observar que la cantidad de estudiantes que se inscriben por semestre es muy alta, lo que resalta lo importante de tomar medidas para brindar a los aspirantes a la Universidad de Cartagena mayor facilidad en el proceso, y que estos al momento de dirigirse a presentar su examen de admisión, no pierdan tiempo en buscar la dirección de las aulas por falta de orientación.

Para el desarrollo del proyecto se tuvo en cuenta conceptos relacionados con inteligencia computacional, como simulación y modelado de estructuras en 3D. Estos conceptos apoyaron las buenas prácticas y recomendaciones para un buen desarrollo, en la búsqueda de facilitar la interactividad al usuario.

Los modelos 3D realizados se desarrollaron con herramientas de software libre y otra de licencia cerrada pero de uso gratuito. A través de Blender se recrearon los edificios, ambientación y animación de la sede Piedra de Bolívar de la Universidad de Cartagena. Una vez realizados estos modelos, se utilizó la versión gratuita del software **Unity**, donde se implementó la lógica utilizando *MonoDevelop*, software de licencia libre incluido en la plataforma Unity y el despliegue del modelo sobre la Web, con ayuda de su arquitectura híbrida para la Web, *WebUnity*.

## ABSTRACT

The research SIMULATED ENVIRONMENT FOR DRIVING EXAMINATIONS FOR ADMISSION TO THE “UNIVERSIDAD DE CARTAGENA - CAMPUS PIEDRA DE BOLIVAR”, presented the study carried out on some weaknesses in the process of submitting the examination for admission to the University of Cartagena, which analyzed the process of making it, and looked that the number of students presented by the academic period at the University was very High, concluded that it is important to take measures to provide applicants to the University of Cartagena in the process easier, and that they address when submitting its entrance exam, do not waste time looking for classroom management and interrupt the process by lack of guidance.

For the development of the project was considered computational intelligence concepts such as simulation and modeling of 3D structures. These concepts supported best practices and recommendations for a good development, in seeking to provide user interactivity.

The 3D models made were developed with free software tools and just one software with closed license but free to use. Through Blender recreated buildings, environment and animations of the venue *Universidad de Cartagena, sede Piedra de Bolívar*. Once these models were ready, was used the free version of Unity software, which logic was implemented using MonoDevelop, free license software included in the Unity platform and the deployment of the model on the Web, using its hybrid architecture for Web, WebUnity.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

La Universidad de Cartagena es una institución estatal que presta un servicio educativo de nivel superior a la población colombiana. Miles de personas de distintas partes del país, especialmente de la región, se postulan a ingresar a la Universidad a través de este examen, para seleccionar solamente un puñado de ellos.

En el examen de admisión, las personas que residen en la ciudad tienen la facilidad de conocer las instalaciones de la sede en la cual le corresponda presentar la prueba de suficiencia, pero las personas que provienen de otras partes del país, no tienen la oportunidad de realizar este reconocimiento, principalmente por el alto costo que puede resultar el traslado en sí.

Las instalaciones de la Universidad de Cartagena, sede Piedra de Bolívar, tienen aulas de clases a lo ancho, alto y fondo del complejo estudiantil, lo que significa que no sólo hay que pensar en qué salón de qué bloque corresponde hacer la prueba, sino también en qué nivel de la estructura. Adicionalmente, las oficinas administrativas están adjuntas a los bloques, por lo cual puede generar en algunos casos, mayor confusión.

Estas características de ancho, alto y fondo, también son conocidas como dimensiones espaciales. Las tecnologías 3D permiten representar objetos con ancho, alto y fondo, lo cual fue idóneo para el desarrollo de una solución que permite que las personas, no sólo capten un efecto de profundidad sobre los objetos que ven, sino que a la vez logren estar inmersas en un ambiente creado y controlado para su desplazamiento, de una forma parecida como se da en la vida real. Estas tecnologías se han usado frecuentemente en los últimos años como un medio publicitario, videojuegos, soluciones educativas, realidad aumentada, simulaciones, milicia, entre otros.

En conclusión, se planteó la forma de utilizar esta tecnología de manera educativa y lúdica a la vez, con el fin de desarrollar una solución a la desigual condición que tienen los aspirantes de la región, con los concursantes locales. El resultado es un entorno 3D que ubica al usuario en la sede Piedra de Bolívar de la Universidad de Cartagena, para que experimente de forma virtual, los espacios internos de las instalaciones.

## 1.2 Planteamiento del problema

La Universidad de Cartagena es una institución pública, líder en la región Caribe desde su fundación en el año de 1827; tiene reconocimientos en la comunidad académica nacional e internacional y ejerce su autonomía en el compromiso de formar personas en su contexto cultural con idoneidad, ética científica y humanística, competentes para aportar a la construcción de una sociedad colombiana en el marco de la responsabilidad social, el desarrollo de la ciencia y la tecnología, la justicia y la democracia.

Para que una persona esté inscrita y consecuentemente pueda obtener un cupo a la universidad, esta debe ser bachiller y haber presentado los Exámenes de Estado (ICFES) previamente como lo establece la Universidad en su reglamento, el **acuerdo 14 del 11 de diciembre del 2009**, en su título II artículo 5 referente a los requisitos pertinentes al proceso de inscripción. (Universidad de Cartagena, 2011-B).

El principal motivo para los exámenes de admisión es conocer que tan competentes son los bachilleres con interés de formarse profesionalmente en esta institución. La Universidad por medio de este examen selecciona un número determinado de aspirantes para su ingreso al campus dependiendo de la carrera a la cual se aspira iniciar. Esta selección es realizada por la Universidad apoyándose en los resultados obtenidos por las personas que se presentan cada semestre, de los cuales son aceptados quienes obtienen los mejores resultados de dicho examen. (Universidad de Cartagena, 2011-A).

Para la Universidad de Cartagena como para los aspirantes a estudiantes, la realización del examen de admisión puede ser un problema ya que no se establece una comunicación entre ellos después de la inscripción de la persona. Esto genera la imposibilidad de una persona para tener acceso a conocer la infraestructura física de la sede Piedra de Bolívar antes de ir a presentar su examen de admisión, generando demoras para la realización de los exámenes, desorientación total por parte del aspirante, e incluso deficiencia en el desempeño en dicha prueba.

Muchas de las personas que se inscriben para ingresar a la Universidad no son residentes en la ciudad de Cartagena, lo que genera la necesidad de tener unos mecanismos para que las personas, independientemente del lugar donde se encuentren,

puedan conocer las sedes de la Universidad, especialmente en donde deben realizar la prueba de admisión, siendo la sede de Piedra de Bolívar, el prototipo para el proyecto.

Se planteó generar un aplicativo que simule el proceso histórico llevado a cabo por los aspirantes el día de la presentación del examen, para familiarizar a los nuevos aspirantes a las instalaciones de la Universidad, llegar fácilmente a su lugar de evaluación y eventualmente, contestar preguntas alimentadas por los docentes de la Universidad de Cartagena.

En la Universidad de Cartagena, para el año 2010 se inscribieron 26708 personas para presentar el examen de admisión, distribuidos así: Para el primer periodo del 2010 se inscribieron 16749 personas y para el segundo periodo del mismo año se presentaron 9959. Datos que son muy representativos como el del primer periodo académico del 2010 hace que se puedan implementar mecanismos para darle un mejor servicio a la cantidad de personas antes mencionada. Para el Primer Periodo del 2012, se inscribieron un total de 10.019 aspirantes (Universidad de Cartagena, 2011-C).

Con el despliegue y funcionamiento del proyecto, se espera que entre la población con aspiración a ser parte de la Universidad de Cartagena, se dé una aceptación significativa del proyecto y permita que aún más personas se vean interesadas en ingresar a la institución. A la vez esto posicionaría a la institución a nivel regional como pionero en despliegue de proyectos con funcionalidad 3D en una plataforma web.

### **1.3 Formulación Del Problema**

¿De qué forma la Universidad de Cartagena, haciendo uso de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), puede dar a conocer las estructuras físicas de la sede de ingeniería a los aspirantes, brindando información respecto a la prueba y su lugar de realización en el proceso previo a la presentación del examen de admisión?

## 1.4 Justificación del estudio

Al identificar los aspectos por corregir en el proceso de inscripción a la Universidad de Cartagena, es posible encontrar una solución que resulte agradable para todos los interesados.

Al resolver este problema con un entorno de desarrollo simulado en 3D, se consiguió:

- Familiarizar al aspirante con las instalaciones físicas de la sede Piedra de Bolívar de la Universidad de Cartagena.
- Facilitar a los aspirantes la guía de acceso al sitio donde realizar la prueba de admisión.
- Cumplir lo planteado de forma lúdica sin dejar en segundo plano el componente educativo.

Otro aspecto importante tras la realización de este proyecto es que se estableció un precedente para futuros proyectos de investigación afines en el área de computación gráfica. Esto permite al resto de estudiantes del programa de Ingeniería de sistemas generar nuevas funcionalidades de la aplicación final con otras herramientas de desarrollo software con el fin de enriquecer los procesos de investigación e innovación en el desarrollo de nuevos proyectos en la Universidad.

Desde el punto de vista económico la realización del proyecto no representó ningún tipo de inversión para el desarrollo y ejecución del mismo, ya que se disponían de herramientas tipo software libre y equipos de cómputo con los requerimientos mínimos del área investigativa para realizar el proyecto.

En el aspecto tecnológico brinda ciertas facilidades al conocerse cuáles son las herramientas a utilizar en el desarrollo de un proyecto de este tipo. La dificultad en el desarrollo fue una motivación para llevar a cabo un buen proyecto y mejorar las habilidades como ingenieros de sistemas con el aprendizaje de nuevas tecnologías y la implementación de las mismas, sin que esto entorpezca el proceso de entrega de un producto final totalmente funcional.

El aprendizaje de los tópicos relacionados con 3D aunque pertenezcan a otra profesión, pueden ser asimilados para llenar un perfil profesional integral, al conocerse cómo son elaborados y cómo deben ser manejados en un entorno de desarrollo de la parte lógica.

El proyecto puede tener un impacto social importante por los beneficios que puede brindar a las comunidades educativas de la región y del país, si se desplegara de forma oficial de carácter informativo en la Web. En cierta forma, ofrece un beneficio financiero enorme para personas que cuentan con ingresos inferiores a un SMLV de los municipios del sur de Bolívar o que están distante de la ciudad de Cartagena, al no tener que invertir en pasajes, estadías y/o servicios de transporte adicionales para el reconocimiento de las instalaciones en la ciudad de Cartagena.

Los componentes de este proyecto se acoplaron sin problemas a la línea de investigación de inteligencia computacional. "La simulación informática es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias - dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema" (Shannon & Johannes, 1976). Para el caso del ENTORNO SIMULADO DE LA REALIZACIÓN DE EXÁMENES DE INGRESO A LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA – SEDE PIEDRA DE BOLÍVAR, ésta aplicación permite el aprendizaje y reconocimiento del sitio por parte de los aspirantes, así como el conocimiento previo de las estructuras de las preguntas del examen de admisión.

Para el caso de la población estudiantil de la Sede Piedra de Bolívar que apenas ingresa a la Universidad, o personal académico de otras sedes que desee conocer mejor las instalaciones, solo necesitarían tener acceso a un equipo con servicio de internet para visualizar en un navegador web con la ayuda del complemento WebUnity, las instalaciones de la sede en cuestión.

Se optó mejor por desarrollar una plataforma completa, utilizando herramientas de software libre, para tener un control de la usabilidad por parte del usuario y reducir los costos de producción.

La descripción del flujo de trabajo en la realización en las etapas de desarrollo, facilita la reimplementación para distintas universidades estatales del país en las que se presenta el problema antes mencionado.

### **1.5 Importancia del estudio**

Partiendo de la formulación del problema y de la solución planteada, se tomaron características del sistema que componen los procesos del examen de admisión a la Universidad, para recrear un ambiente virtual de los espacios que conforman las instalaciones, a las personas que presentarán el examen.

En este ambiente, se muestran los puntos de información, que son ubicados durante el proceso de los exámenes de admisión, para consultar cualquier duda o detalle ese día.

Pero surge un interrogante: ¿Cómo hacer para crear un ambiente real como se mencionó anteriormente, al aspirante a estudiante? ¿El sólo concepto de simulación es suficiente?

La implementación de sólo simuladores no es suficiente para crear dicho ambiente. Una simulación parte de un modelo matemático en el cual compara las variables que componen a un sistema, para estudiar los resultados típicos que produce.

Sin embargo, esta situación controlada elimina el comportamiento de la persona, que es una variable no medible e imprescindible en el análisis y en los objetivos de este proyecto.

Por esa razón se buscó, a través de un modelo representativo de las instalaciones reales de la sede Piedra de Bolívar, facilitar un medio en el cual los aspirantes pueden conocer a su propio ritmo y estilo, la distribución física de los salones y los diferentes lugares que se encuentran en este lugar.

### **1.6 Contexto de la investigación**

La investigación se realizó en la ciudad de Cartagena tomando como objeto de estudio el proceso del examen de admisión en la sede Piedra de Bolívar de la Universidad de Cartagena.



Se realizó una documentación sobre el tema, sobre las tecnologías usadas, la importancia de realizar esta simulación para la Universidad y posteriormente se desarrollaron los modelos de visualización con las tecnologías seleccionadas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Desarrollar un entorno simulado de la sede Piedra de Bolívar de la Universidad de Cartagena, por medio del modelado en 3D de la infraestructura física, para darla a conocer a la comunidad en general y a los nuevos inscritos, como preparación a la presentación de los exámenes de admisión.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Definir los instrumentos de recolección y manejo de información del sistema a utilizar.
- Crear el modelo digital con base en la estructura física de la sede piedra de Bolívar.
- Crear el libreto del juego de conformidad con los procesos desarrollos en la realización histórica de los exámenes de admisión.
- Desarrollar y probar el entorno web gestor de las historias.

### **3. ALCANCE DEL PROYECTO**

Se desarrolló un entorno que facilite el reconocimiento de las diferentes zonas que componen la sede Piedra de Bolívar de la Universidad de Cartagena, para que la población que desea ingresar a ser miembro del cuerpo estudiantil, pueda explorar e identificar el salón donde le corresponde realizar su prueba de conocimiento, adicionándole la capacidad para resolver preguntas que pueden aparecer en el examen que deben realizar.

La solución fue implementada con tecnologías 3D, a fin de crear una experiencia en la cual el usuario perciba que puede desplazarse en tiempo real en una versión virtual de las instalaciones de la Universidad de Cartagena, sede Piedra de Bolívar.

Las preguntas que podrá contestar opcionalmente el aspirante, son desplegadas dentro de la simulación y no en una aplicación aparte, para no interrumpir la percepción de inmersión en el entorno, del usuario.

Se facilitó una plataforma para agregar o modificar las preguntas que se mostrarán en el entorno, para garantizar la escalabilidad de la base de datos de las preguntas que contestan los usuarios.

## 4. MARCO TEÓRICO

Los principales conceptos y teorías de vital importancia en el desarrollo de este tipo de proyectos son los siguientes: simulación, modelado de estructuras en 3D y concepto de interfaz Hombre-Máquina.

### 4.1 Simulación

Los autores Thomas T. Goldsmith Jr. y Estle Ray Mann definen la simulación de la siguiente manera: "Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos" (Shannon & Johannes, 1976).

Robert E. Shannon, experto en análisis de sistemas, en simulación y autor de muchos libros relacionados con simulación y dinámica de los sistemas, define simulación como "el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias -dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema" (Shannon & Johannes, 1976).

De estas definiciones se puede concluir que la simulación es una disciplina que se basa en un análisis bien estructurado de un sistema cualquiera del cual se obtiene un modelo, con el que se podrán realizar experimentos que ayuden a predecir un comportamiento futuro de dicho sistema.

### 4.2 Modelado de estructuras en 3D

En el tema de modelado de estructuras en 3D no existen definiciones sobre todo estos conceptos como conjuntos pero si cada uno por separado, de los cuales se infiere qué es y qué busca el modelado de estructuras en 3D.

Algunas personas consideran el modelado en 3D como “un mundo conceptual en tres dimensiones”, también se dice que el modelado en 3D es la descripción de un grupo de características de un sistema del cual se obtendrá una imagen. Estos modelos se componen generalmente de dos partes que son la parte técnica y la parte visual. Donde en la primera se establecen y referencian fórmulas matemáticas para agregar comportamientos y características a la representación en tres dimensiones generalmente, y la parte visual que como su nombre lo indica es donde se va a ver un modelo de diseño materializado en imágenes en 3D de objetos, elementos, propiedades, entre otros elementos.

En arquitectura e ingeniería, “la estructura es la disposición de los elementos sustentantes de una construcción, ya sea edificio, puente, barco, avión o mueble u otra análoga”. Aunque este concepto sea muy amplio y abarque muchas disciplinas de la ciencia, en este caso las estructuras serán como indica la definición anterior, es un objeto compuesto de elementos de construcción con una finalidad específica que para este caso sería un lugar idóneo para la prestación de un servicio educativo.

### **4.3 Interfaz Hombre - Máquina**

Las interfaces Persona-Ordenador, IPO o HCI por sus siglas en inglés de la cual la ACM-SIGCHI dice que: “La interacción hombre-máquina es una disciplina que se ocupa del diseño, evaluación e implementación de sistemas informáticos interactivos para ser usados por personas y con el estudio los fenómenos principales en los que están involucrados” (Hewett, y otros, 2009).

El objetivo de las IPO es abarcar el diseño de interfaces de usuario, teniendo en cuenta algunos factores como los psicológicos, ergonómicos, organizacionales, entre otros. Todo esto buscando que la interfaz diseñada genere en la persona que interactúa con ella un aumento en la productividad, tiempos de aprendizaje aceptables y reducción en los niveles de errores.

La IPO es también una disciplina joven, pero no tanto como pudiera parecer. Desde el primer ordenador ha sido necesario el diseño de un sistema de comunicación persona-ordenador. Los estudios en esta disciplina han permitido dar una base teórica al diseño y

a la evaluación de aplicaciones informáticas. La importancia de esta disciplina se pone sobre relieve al leer artículos sobre el tema, escritos hace cuarenta años en los que se predecían elementos de interacción de los que se dispone actualmente. Una de las asociaciones más influyentes en este campo es la ACM SIGCHI (Association for Computing Machinery's Special Interest Group on Computer-Human Interaction) que desde 1982 reúne a los mejores especialistas en IPO/HCI.

Haciendo algo de historia sobre las interfaces Persona-Ordenador, para 1971 Wilfred J. Hansen, publica “User Engineering Principles for Interactive Systems”. en donde se da la primera enumeración de principios acerca del diseño de sistemas interactivos. Los cuales eran:

- Conocer al usuario
- Minimizar la memorización, sustituyendo la entrada de datos por la selección de elementos
- Optimizar las operaciones basándose en la observación del uso del sistema
- Facilitar buenos mensajes de error, prevenir los errores (de entrada de datos)
- posibilitar la recuperación de errores (deshacer). (Rodríguez, 2010)

Para los años 80 surgen los primeros sistemas comerciales que permiten la manipulación de objetos a través de gráficos en computadoras, como la Apple Macintosh en 1984, un poco antes de que surgieran los primeros sistemas de Microsoft. Estas herramientas han evolucionado hasta llegar a interfaces táctiles y gestuales, miniaturización, reconocimiento de voz e interfaces basadas en el habla como se han conocido en la actualidad (Rodríguez, 2010)

El predominio tradicional en la IPO ha sido de los ingenieros de sistemas principalmente, aunque la influencia de la psicología es creciente. La Psicología es la disciplina que estudia la percepción, la memoria, la adquisición de habilidades y el aprendizaje, la resolución de problemas, el movimiento, las tareas de juicio, de búsqueda o procesamiento de información y de la comunicación, es decir, procesos todos cuyo conocimiento se requiere para el adecuado diseño de mecanismos de interacción del usuario.

Los expertos en el tema de IPO prevén que el futuro de esta disciplina implicará grandes cambios en lo que se conoce actualmente como ordenadores, aunque los enfoques a futuro de dispositivos de entrada y salida de datos de un ordenador no cambiaran totalmente porque todos estos serían basados en los dispositivos ya existentes.

Las herramientas tecnológicas que existen actualmente, permiten esculpir cualquier forma para desarrollar modelos en 3D, sin embargo se utilizará una técnica más tradicional y de fácil manejo llamada “Box Modelling” o modelado de caja. Este tipo de modelado consiste a nivel teórico, en que cualquier objeto puede modelarse a partir de un cubo (de ahí su nombre), y aplicando transformaciones sobre él, se puede obtener el resultado deseado. Como valor adicional, este estilo de modelado es el más adecuado para la representación de objetos arquitectónicos y estructuras modernas por su naturaleza geométrica.

Actualmente, se están llevando a cabo investigaciones para realizar el modelado 3D con la ayuda de realidad aumentada. El centro australiano para tecnologías visuales (Visuales) ha desarrollado un prototipo llamado “Jiim”, el cual es capaz de reconocer volúmenes a través del flujo de una cámara, utilizando algoritmos avanzados de detección de bordes. Jiim permite realizar un modelado 3D con colisiones, sobre objetos que existen en la vida real, vistos a través de un dispositivo móvil.

#### **4.4 Usabilidad de ambientes virtuales**

Con relación a la usabilidad de ambientes virtuales se puede mencionar que se deben tener en cuenta tres principios que son modelos mentales, aspecto visual y tareas de usuario. La explicación de estos principios se encuentra basada en (Arias Castrillón, Granados Martinez, Guzmán Lopez, Villegas, & Ruiz, septiembre 2009).

##### **4.4.1 Modelo mental**

El modelo mental constituye una abstracción del conocimiento interno que el usuario posee del sistema (medida real de lo que la persona conozca o piense), lo que a su vez es un modelo conceptual de lo que el usuario piensa acerca del sistema. El modelo conceptual moldea los actos, acciones e interacciones que el usuario puede ejecutar dentro del entorno, permitiendo una variedad de situaciones en las cuales se trata de

reflejar las acciones y cambios representados en el mundo real. Este modelo conceptual debe basarse en las motivaciones de las personas y en los procesos de pensamiento, así de forma inconsciente el usuario debe responder a estas preguntas:

- ¿Dónde estoy ahora?
- ¿Cuál es mi posición actual y mi orientación?
- ¿Dónde quiero ir?
- ¿Cómo puedo ir allí?
- ¿Cómo puedo interactuar con los objetos?
- ¿Qué espero obtener como resultado luego de interactuar con un objeto?
- ¿Entiendo la información que me llega como respuesta a alguna interacción?
- ¿Los objetos 3D representan de forma familiar su equivalente en la realidad?

#### **4.4.2 Aspecto visual**

La idea de crear entornos virtuales surge de la sensación de crear diseños tecnológicos más familiares y novedosos para los usuarios. Para ello, al momento de hacer un modelo 3D de una construcción (caso específico Universidad de Cartagena, sede Piedra de Bolívar) se deben seguir estos aspectos:

- Tener una asimilación precisa de la realidad para plasmarla en el entorno virtual
- Tener una definición detallada de los objetos que contendrá el entorno virtual con el fin de construir un modelo mental sobre el entorno.
- El diseño del Entorno Virtual debe acogerse a las reglas del mundo real. Por ejemplo la ubicación de los objetos, la iluminación natural o artificial, el tamaño de los objetos.
- El usuario tendrá el control total de la navegación, proporcionando libertad y de esta forma simular el mundo real.
- Además el Entorno Virtual debe poseer un contenido adecuado y conveniente, no debe sobrecargarse de objetos que hagan difícil la navegación.
- Desarrollar el Entorno Virtual, teniendo en cuenta a los diferentes usuarios como los roles principales.
- En vista que todos los usuarios no tienen el mismo perfil debido a que el entorno va dirigido de acuerdo a la edad, sexo, experiencia y conocimiento, el mismo entorno debe ser natural al usuario para que se sienta cómodo en la aplicación y no estar forzado a actuar en el mundo virtual.



#### **4.4.3 Tareas de usuario**

El análisis de tareas del usuario muestra escenarios de sus tareas representativas por definir, ordenar y clasificar en el flujo de tareas. La exactitud e integridad de un análisis de tareas del usuario afecta directamente la calidad posterior de las evaluaciones formativas ya que estos métodos no revelan los problemas relacionados con la usabilidad específica de la interacción dentro de la aplicación a menos que se incluya en el escenario de la tarea de usuario.

## 5. ESTADO DEL ARTE

A través de la historia se ha demostrado que los científicos e inventores siempre han buscado crear nuevas herramientas tecnológicas, con el fin de hacer la vida de las personas mucho más fácil en diferentes tareas del diario vivir. Entre tantas herramientas tecnológicas que se han creado desde los tiempos de las civilizaciones hasta nuestros días se encuentran las herramientas de modelado tridimensional o 3D.

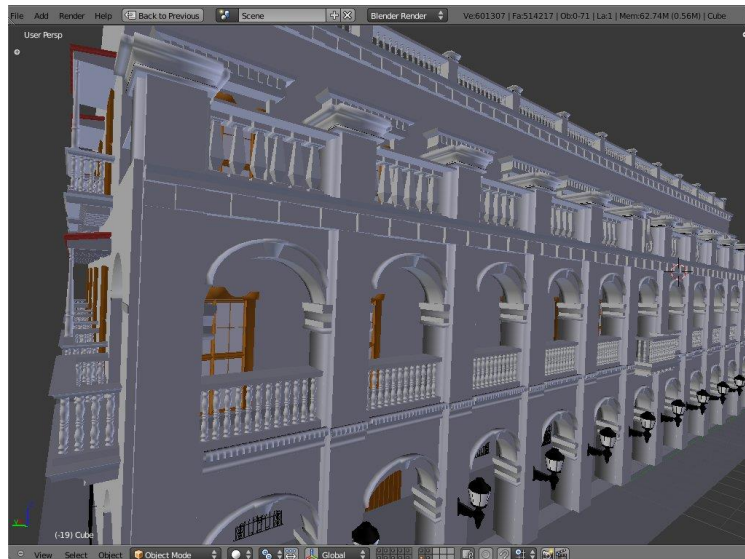
Estas herramientas se empezaron a trabajar con el fin de hacer una representación más real, que las animaciones que anteriormente se trabajaban, como por ejemplo las animaciones bidimensionales o 2D, las cuales a pesar de su buena acogida no representaban una visión de los objetos en un plano geométrico de tres dimensiones en el cual nos desenvolvemos los humanos.

A pesar de esas diferencias, los gráficos geométricos por ordenador en 3D se basan en muchos de los algoritmos trabajados en gráficos 2D, como el vector de gráficos en el marco del modelo y la imagen gráfica de la trama en la pantalla.

Estos modelos en 3D se empezaron a conocer desde la década de los 80's en donde la mayoría de tecnologías que aplicaban modelado de objetos en 3D eran juegos de video, y animaciones sobre programas de televisión de esa época. Con el tiempo la calidad de estas imágenes fue mejorando y fue mucho más conocido este mundo del modelado en 3D. Fue así cuando para la década del 90 se empezó a manejar animaciones en 3D en medios de comunicación como la televisión en las que se presentaban comerciales donde los objetos promocionados fueron desplegados en ambientes tridimensionales, y también se empezó a dar fuerza a la nueva era de la industria de los juegos de video. A partir del siglo XXI el modelado de objetos en 3D se convirtió en una necesidad para empresas de publicidad, video juegos, televisión, cine, etc. (Galería 3D, 2009-2011).

La amplia utilización de estas tecnologías fue generando nuevas herramientas para el modelado de objetos en 3D, pues en sus inicios estos modelos eran muy complejos de realizar, porque en ellos influían muchos elementos que eran propios de cada modelo, los cuales requerían que la persona encargada de la realización del modelo tuviese un amplio conocimiento en matemática, informática y física donde se representaban

procesos físicos a través de ecuaciones matemáticas, y con puntos de referencia se fueron creando los modelos. Gracias a muchos años de desarrollo en esta área de la informática ahora se pueden realizar estos modelos requiriendo solo conocimiento de la herramienta de modelado a utilizar.



**Imagen 1: La Casa de la Gobernación de Bolívar generada en Blender**

Un factor muy importante a tener en cuenta cuando se habla de modelado en 3D y cuando se trabaja con simulaciones o en la creación de juegos de video con este tipo de modelos es la interfaz. La interfaz es el medio por el cual el usuario de un sistema informático se comunica con este, con el objeto de hacer fácil de utilizar y entender para el usuario el manejo del sistema.

Este concepto surgió como un campo de raíces entrelazadas en gráficos de ordenador, sistemas operativos, factor humano, ergonomía, psicología cognitiva, y parte de sistemas informáticos. Se tiene conocimiento histórico de la implementación de este tipo de interfaz de usuario a partir del año 1963, cuando se realizó una tesis para obtener el título Ph.D. llamada Sketchpad desarrollada por el señor Iván Edward Sutherland conocido como el padre de la computación gráfica en el mundo, quien con este software sienta un precedente en el área de la computación, permitiendo que más personas continúen trabajando en la creación de nuevos algoritmos y hardware para hacer más realista los objetos o gráficos interactivos de un sistema informático.

El concepto de interfaz es bastante amplio por el cual es bueno precisar que el tipo de interfaz más apropiada para utilizar cuando se trabaja en paralelo con objetos interactivos como los modelos en 3D, son las interfaces conocidas como IPO (Interfaz Persona-Ordenador) las cuales buscan hacer diseños enfocados exclusivamente al usuario, con el fin de hacer de nuestro sistema interactivo muy fácil de usar y entendible. A pesar de que este concepto parece tener mucha importancia a nivel de diseño de cualquier sistema informático actual es un concepto poco conocido y por ende poco utilizado en el mundo. (Jacko & Stephanidis, 2003).

En el ámbito internacional aplicado a las IPO se cuenta con una investigación en interacción persona ordenador a través de webcam para personas discapacitadas (García & Mauri). En tal investigación se brinda la posibilidad de ayudar a tales personas a ser autónomos en la sociedad por medio de un programa I+D que adapte y desarrolle aplicaciones y metodologías de accesibilidad basadas en sistemas de visión artificial como son el Ratón Facial y Ull de Color. .

En la Internet, existe un videojuego llamado Second Life. Dentro de este juego, los usuarios pueden hacer prácticamente cualquier cosa. Desplazarse por grandes ciudades ubicadas en islas, centros comerciales, parques de entretenimiento, discotecas, entre otros. Second Life maneja un mercado virtual bastante estable, la gente compra con sus tarjetas de crédito la moneda local del servidor llamada Linden Dollar para comprar todo tipo de objetos dentro del juego, pensado para aquellas personas que debido a sus trabajos, carecen de una vida social física.

En Colombia, a nivel académico se han desarrollado proyectos utilizando Second Life. En la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, en el campo de investigación de nanotecnología, han implementado un aula virtual sobre Second Life, para transmitir algunos materiales con los cuales realizan sus estudios.

En otros países de habla hispana como Argentina, Chile y España, también tienen proyectos sobre Second Life. La Universidad Argentina de la Empresa, inauguró recientemente su campus, convirtiéndose así en la primera universidad latinoamericana en tener su espacio institucional en este desarrollo virtual, como antes habían hecho instituciones como Harvard, Stanford y Oxford. El proyecto estuvo a cargo del Dr.

Ricardo Orozco, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad, el Arq. Ricardo Méndez, Director del Departamento de Diseño y Publicidad, y el diseñador Carlos Zinno (Universidad Argentina de la Empresa, 2011). En la facultad de ciencias físicas y matemáticas de la Universidad de Chile, hace 3 años comenzaron un proyecto para arrendar su propio espacio en este programa para contar con el espacio necesario para construir las ideas de los alumnos de la Universidad de Chile (FCFM, 2008). Sin embargo, la información encontrada al respecto de este trabajo no contiene mayores detalles y en el sitio principal de la Universidad, no se encuentra un vínculo relacionado con este tema (Universidad de Chile, 2011).

En el ámbito nacional el grupo de Investigación Imagine de la Universidad de los Andes-Colombia, cuenta dentro de sus instalaciones con el laboratorio Colivri (Grupo de investigación Imagine, 2008), dentro del cual se llevó a cabo un proyecto encabezado por el profesor Pablo Figueroa llamado: Patrimonio Cultural Digital en el Museo del Oro. Tal proyecto muestra de forma interactiva el patrimonio cultural digital, derivado de las piezas disponibles en el Museo del Oro, por medio de una exhibición con información 3D, auditiva y óptica (FIGUEROA, 2008)''.

La Universidad de Sevilla, en su sitio oficial declara tener un campus virtual y con documentación para navegar dentro de ella (Universidad de Sevilla, 2010).

Con relación a las aplicaciones de realidad virtual en la web se cuenta con el caso de estudio de (Abreu, Rodriguez, & Matteo) donde proponen un sistema llamado EVA (Editor Virtual de Arquitectura) creado para mejorar el modelado y diseño de bajo nivel de complejidad. Tal sistema es una herramienta que ayuda a todos los estudiantes a crear y diseñar en un espacio de 2 dimensiones en uno de 3 a partir del entorno.

El concepto de Serious Games abarca videojuegos diseñados de forma que junto al propio entretenimiento, transmite mensajes o ideas relevantes sobre diversos aspectos no relacionados con la industria de los videojuegos y que entran dentro del ámbito de la ética, como la política, la religión o la guerra, por poner unos ejemplos. (Wikipedia). Para el caso de la Universidad de Texas en Dallas se cuenta con una investigación de serious games para entrenamiento de cultura inmersiva (Marjorie, Monica, & Frank,

2009) donde se enseña diferentes culturas en conjunto a las formas de vida, formas de vestir y los personajes pueden interactuar con otras culturas.

Este proyecto puede entrar en la categoría de Serious Game exploratorio, en el cual el objetivo del usuario es explorar, sin limitación de tiempo u objetivos adicionales, las instalaciones de la sede Piedra de Bolívar de la Universidad de Cartagena.

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1 Tipo de investigación**

La investigación es de tipo aplicada, puesto que se estudia un problema específico en circunstancias y características concretas; su alcance corresponde al de un estudio exploratorio, porque el objetivo es examinar un problema de investigación poco estudiado, como es el de desarrollar un entorno simulado para el reconocimiento de las instalaciones físicas de una institución colombiana universitaria.

### **6.2 Sitio y Tipo de Proyecto**

El proyecto se desarrolló para la sede Piedra de Bolívar de la UNIVERSIDAD DE CARTAGENA ubicada en la ciudad de Cartagena de Indias D.T.

En el desarrollo del proyecto de grado se definió que el tipo de investigación idónea es del tipo Aprendizaje y Constructivo. Este tipo de investigación se refleja en el desarrollo, en la proposición de adquisición de habilidades o conocimientos en investigaciones y trabajos de campo (Aprendizaje), y al proponer la realización de algo determinado, lo cual está representado en los artefactos producidos.

### **6.3 Diseño utilizado**

El diseño utilizado para la investigación es de tipo experimental, esto debido a que después de observado y analizado el problema, en el proceso de búsqueda de salones para la realización del examen de admisión por parte de los aspirantes a ingresar a la Universidad de Cartagena, se planteó una solución utilizando herramientas sin antecedentes dentro del grupo de investigación y sus diferentes semilleros de investigación “DDV” o “E.D.G.E.S.”. Esto resulta en la documentación de un flujo de desarrollo para ambientes de computación gráfica, desarrollo de videojuegos, realidad aumentada, ambientes simulados, entre otros.

Dentro de las actividades realizadas, una fue analizar herramientas a utilizar para el desarrollo del modelo 3D; se encontró varias opciones en el mercado de uso libre y privativo para el desarrollo, esas fueron Autodesk's® 3DMax®, Autodesk Maya, Google® Sketch-up®, Rhino ®, Cinema4D® y Blender.

Todas las herramientas mencionadas anteriormente pueden ser utilizadas para el desarrollo de modelos 3D; 3DMax y Maya son software de uso privativo y sus licencias giran alrededor de unos 3 SMMV. Rhino, una de las herramientas actuales más populares tiene un costo aproximado a 3 SMMV. Google Sketch-up tiene dos versiones, una gratuita y una paga, pero la versión que posee los formatos de exportación es la paga, con un valor aproximado a 1,5 SMMV.

Blender es la herramienta más popular actualmente para el modelado de objetos por su presentación, rapidez de trabajo y escalabilidad de software. De las opciones estudiadas, esta posee una licencia de software libre y totalmente gratuito, factor preponderante para seleccionar Blender como plataforma de diseño del modelo 3D.

Se realizaron pruebas sobre diferentes tecnologías para desplegar el modelo 3D en un navegador web de manera sencilla, segura y fácil de utilizar por los usuarios. Dentro de las tecnologías sometidas a prueba están WebGL, la plataforma “Second Life” y finalmente la arquitectura web que brinda Unity. Unity fue la escogida al permitir la utilización de modelos Blender incluso en su versión gratuita, y posee herramientas para la exportación de forma segura del modelo a la web.

## **6.4 Procedimiento**

La metodología de desarrollo para la comprensión del sistema utilizada fue la *Rational Unified Process (RUP)* (Larman, 2004), por ser una metodología conocida y trabajada por el grupo de investigación. Esta metodología de desarrollo es ampliamente reconocida por su completitud y trascendencia, promoviendo las buenas prácticas de calidad y estructuración. Incluye dentro de sus iteraciones la realización del modelo del negocio, obtención de requerimientos, análisis y diseño del sistema, implementación, prueba y finalmente la implantación. Estas iteraciones se ejecutan en las cuatro fases del modelo RUP que son *inicio, elaboración, construcción y transición*.

En estas etapas como en la mayoría de ellas son algo diferentes con respecto a nuestro proyecto, a las de un software normal, se identificaron los siguientes artefactos como los correspondientes con la metodología RUP: En la comprensión del problema se



utilizaron planos arquitectónicos de la sede Piedra de Bolívar, suministrados por el área de planeación de la Universidad; para el análisis del diseño, en cuanto a la tecnología se buscaron y analizaron las herramientas más utilizadas en el área de modelación tridimensional.

Otros puntos en los que se enfocan las primeras iteraciones son la delimitación del ámbito del proyecto, la eliminación de los riesgos críticos y la definición de la base de la arquitectura. Razón por la cual en la delimitación del ámbito, algunas de las expectativas que se tenía para el proyecto fueron separadas de la propuesta, esto con el fin de poder cumplir los objetivos propuesto al inicio de la investigación.

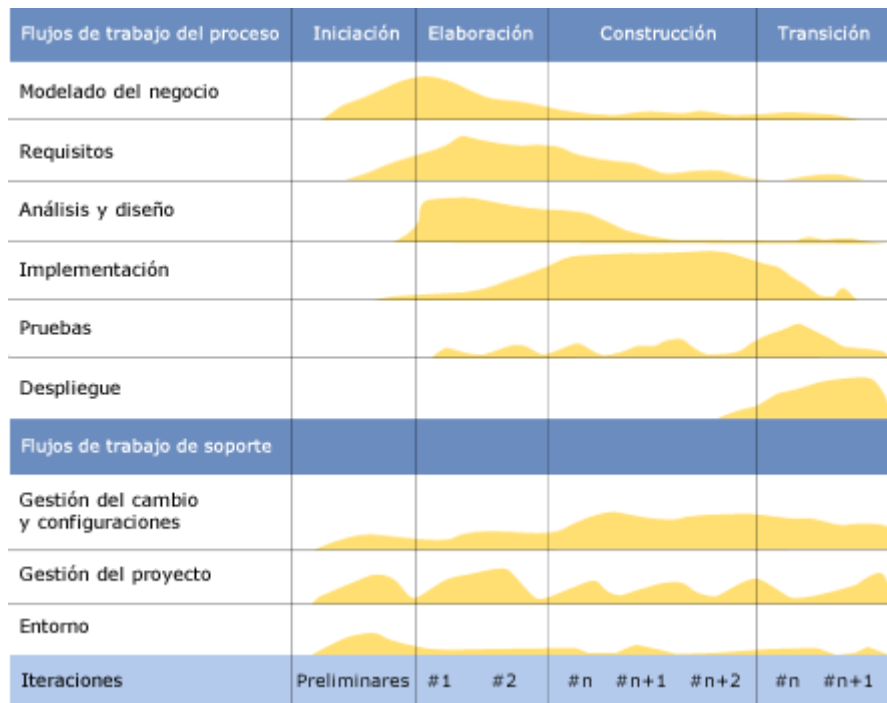


Imagen 2 Ciclo de Vida RUP

En la fase de elaboración se abarcan un poco más flujos de trabajo de requisitos como el diseño y parte de la implementación. Aquí se empieza a construir el modelo en 3D y se empieza a crear movimiento en la escena del modelo lo cual incrementa la interactividad de los usuarios finales, en base a las decisiones tomadas en la primera etapa de la metodología.

Posteriormente en la fase de construcción, se agregaron los detalles a los modelos 3D; se texturizaron los modelos, se agregaron piedras, pasamanos, forraje, entre otros. Se

refinó el análisis y el diseño previo, adaptando elementos icónicos visuales distribuidos a lo largo del mapa del modelo, para representar lo que se conoce como el libreto del juego.

Los íconos de indicaciones que se presentan al usuario final, permitieron obtener el resultado óptimo en el proceso de prueba.

En la fase de transición se comprobaron los resultados del proceso de prueba de tal forma que cumplan con lo requerido inicialmente. Se prepararon los manuales necesarios a la Universidad de Cartagena para la capacitación de los administradores de sistema, abierto a proveer el soporte técnico necesario al final del proyecto.

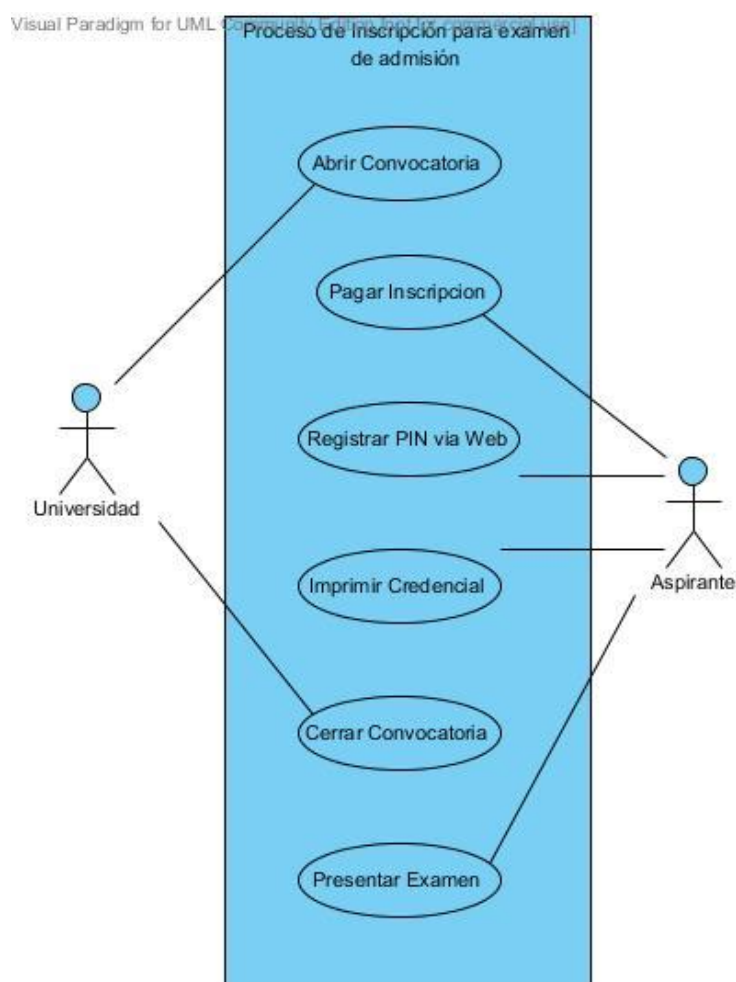


Imagen 3 Casos de Uso

Para la gestión de calidad del proyecto, se aprovechó la facilidad de adaptación del modelo RUP, y se aplicaron sólo los modelos necesarios para entender la arquitectura

de desarrollo en Unity3D, complementando el Pipeline de trabajo con la descripción de la inserción de un modelo 3D de Blender a una escena en Unity3D.

En la fase de inicio y elaboración, se encuentra la fase de modelado del negocio y diseño de la solución.

La imagen 3 muestra a los dos actores principales y sus acciones en el proceso de inscripción.

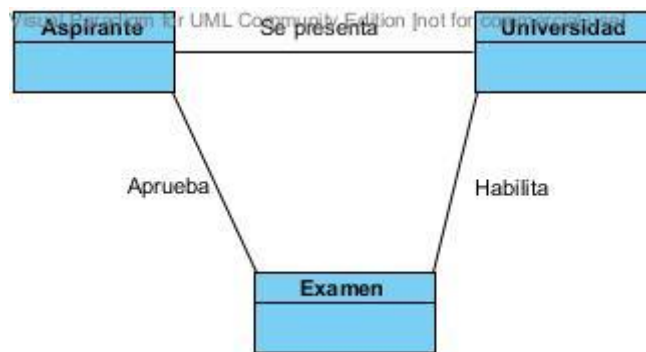


Imagen 4 Modelo del Dominio

El modelo del dominio es una vista que utiliza el diagrama de clases, que representa cómo están relacionadas las diferentes entidades en el sistema, la representación para este caso se muestra en la imagen 4.

En la ilustración 5 Se puede observar la estructura de desarrollo a través de un Diagrama de Componentes. Unity ofrece varias clases para manejar comportamientos. Se heredan de estas clases y se hacen los scripts necesarios para realizar la lógica. El componente “Ud3C\_Cliente” hace alusión al proyecto en Unity3D en el cual se diseña la solución que será accedida por los usuarios. Ud3C\_ws hace alusión al servicio web de tipo Restful, que ofrece preguntas al azar que se encuentran en la base de datos. Ud3C\_Manager es la plataforma web, creada con la ayuda del framework CodeIgniter, para llevar a cabo tareas CRUD (Create, Read, Update, Delete) sobre la información en la BD.

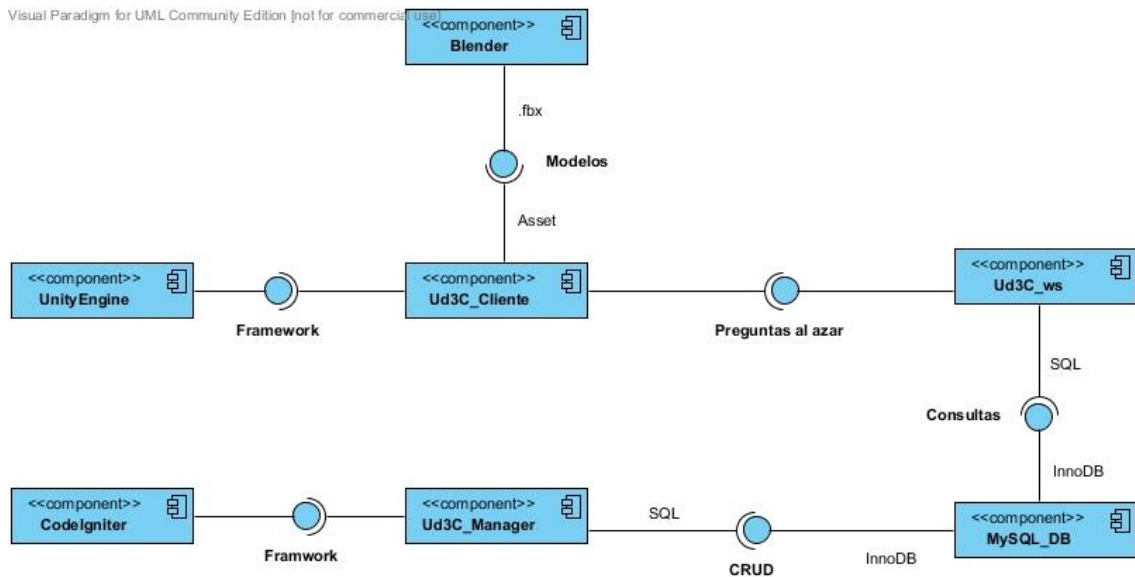


Imagen 5 Diagrama de Componentes

Entre el motor de Unity y Blender, en Blender se desarrollan los modelos 3D que serán visualizados, posteriormente son exportados a un formato reconocido por Unity (.fbx) y luego utilizado como un recurso dentro del proyecto. Unity funciona como un ensamblador, no posee herramientas para crear modelos 3D, su funcionalidad es la de agregar comportamientos a los objetos que componen la escena.

La investigación sobre la herramienta Blender continuó durante el desarrollo, basados en la documentación oficial que ofrece el sitio web sobre el cual está desplegado. En la metodología que se practica en los diferentes tutoriales conseguidos en el sitio, se plantea la forma teórico práctica, en la cual se empieza a conocer la herramienta desde la interfaz gráfica, y luego, cómo atacar los problemas de diseño que se pueden presentar a la hora de un modelado 3D.

Dentro del lenguaje del modelado 3D, se manejan los conceptos geométricos de vértices, aristas, caras y Mesh. Los vértices son puntos en el espacio, las aristas son líneas que unen vértices y las caras son formadas con 3 o 4 vértices. Esta era una limitante para los modeladores hasta la salida de Blender versión 2.63, sin embargo por razones de compatibilidad, se decidió mantener el desarrollo con la versión 2.62.

Dentro de las estrategias de modelado se conocen lo que son los modelos de bajo poligonado y alto poligonado. Un modelo con bajo poligonado es la representación de

un objeto con la menor cantidad de triángulos posibles. Para tratar de mantener la mayor eficiencia de la solución, se optó por mantener bajo poligonado. Determinar si un objeto es de bajo poligonado o alto poligonado, es subjetivo a lo que se desea representar.

Se solicitó la ayuda del departamento de planeación de la Universidad de Cartagena, para obtener los planos correspondientes a la sede Piedra de Bolívar.

Luego, utilizando imágenes de referencia se colocaron los planos proporcionados y se hicieron las medidas tal y como fue indicado, sin embargo, los planos no poseen información acerca de las alturas correspondientes a la estructura de la piedra de bolívar, por lo cual con la ayuda de una cámara y utilizando proporciones, se estableció una altura aproximada de cada componente estructural.



**Imagen 6 Planos arquitectónicos de la sede Piedra de Bolívar**

La imagen anterior representa el diseño estructural de la primera planta de la sede Piedra de Bolívar, esta fue utilizada como referencia para el diseño de nuestro entorno 3D ya que la misma es la base para el desarrollo del proyecto. Aunque estos son los planos oficiales, es decir, los planos más actuales proporcionados por la Universidad de Cartagena, estos planos carecen de algunos elementos de diseño y estructurales como es

el caso del nuevo edificio destinado como laboratorio para muchos programas de la sede Piedra de Bolívar.

Inicialmente se elaboraron los soportes principales de la sede, luego las paredes y posteriormente se hicieron las cavidades correspondientes para las puertas, ventanas y pasillos. Los pisos también se trataron como un objeto independiente y se hicieron en una sola pieza con los techos.

Luego del modelado, procede la fase de texturizado que consiste en la asignación de imágenes planas, como fuente de color para las caras del objeto 3D. Las imágenes que fueron utilizadas son fotos que se tomaron de las instalaciones de la Universidad, las cuales recibieron el debido proceso de eliminación de bordes para poder ser usados como mapas de texturas.

A continuación se describirán el uso de herramientas software y hardware en la consecución de los objetivos planteados para el proyecto.

1. Definición de los instrumentos de recolección y manejo de información del sistema a utilizar: para este objetivos se utilizaron equipos solo para consulta por lo que en general cualquier equipo de cómputo utilizado fue útil para esta labor. Aunque mucha información fue recolectada de campo (Observación).
2. Creación del modelo digital con base en la estructura física de la sede piedra de Bolívar: en esta etapa se utilizaron equipos con 4 Gb y 8 Gb de RAM, Procesadores AMD Phenom y un Bulldozer 8 Core y tarjetas de video que soporten los graficos 3D en la web, finalmente se usa el software Blender para el desarrollo del modelo tridimensional.
3. Crear el libreto del juego de conformidad con los procesos de desarrollo en la realización histórica de los exámenes de admisión: para esta etapa se utilizaron las mismas herramientas hardware y software que en la fase anterior. Y el recurso adicional del componente web de Unity para hacer posible la transición del modelo 3D a la web.
4. Desarrollo y prueba del entorno web gestor de las historias: en esta etapa se usaron las mismas herramientas que en la fase 2, y se incluyeron equipos

diferentes para hacer las pruebas correspondientes del modelo, en general para garantizar que cualquier persona pueda tener acceso a este entorno desde su hogar.

## 7. DESARROLLO

### 7.1 Instrumentos de Recolección

Se utilizaron varios equipos de cómputo convencionales para investigar en la web los contenidos temáticos de los diferentes temas relacionados con el desarrollo básico de modelos 3D, que fue el tema más importante por abordar.

Blender, al tratarse de una herramienta de software libre madura, contiene abundante información alimentada por la comunidad de los Artistas 3D, profesionales del entorno.

De los documentos más enriquecidos y longevos que posee la fundación Blender, se encuentra *Blender 3D: Noob to Pro* (Blender, 2011), el cual fue seguido y utilizado para el aprendizaje de la técnica de modelado 3D, bajo el estilo de Box Modelling.

De forma complementaria a los textos ilustrados que ofrece el libro virtual “Noob to Pro”, también se siguieron recursos audiovisuales ofrecidos de forma gratuita por Andrew Price, en su sitio oficial (Price, 2011), la comunidad de *Blendernerd* administrada por Joe Harby, Rex Harby, Greg Zaal y Tanner Casey (Blendernerd, 2012).

La información relacionada con la estructura que conforman las instalaciones de la Piedra de Bolívar se realizó de dos formas.

Con el apoyo de una carta aval del director de programa en ejercicio, se solicitó formalmente al departamento de planeación los planos históricos que se poseen de la estructura de la sede Piedra de Bolívar de la Universidad de Cartagena.

Estos planos poseen la descripción de las diferentes medidas en áreas cuadradas que conforman las instalaciones, sin embargo carecen de información de altura, por lo cual hubo que recurrir a medir las dimensiones de altura, utilizando proporciones a través de imágenes, estableciendo unidades equivalentes por fotografías usando conteo de píxeles con la ayuda de la herramienta GiMP (GiMP, 2000) de software libre, para el retoque gráfico de imágenes.



Sobre Unity, una de las características que lo hace uno de los motores de juegos más importantes es, su enriquecido manual de referencia para manejar los diferentes componentes de la plataforma Unity. (Unity, 2012)

El funcionamiento de los procesos previos al examen de admisión, se obtuvo de la información brindada de forma oficial a través de la página de la Universidad de Cartagena, en el enlace que lleva al departamento de admisiones, en el cual describen paso a paso los requerimientos a seguir para presentar el examen. (Universidad de Cartagena, 2011-A).

A continuación se realiza una descripción del modelado digital sobre la zona de fotocopias de la sede Piedra de Bolívar de la Universidad de Cartagena. Este proceso se realizó de manera iterativa sobre cada uno de los diferentes objetos que, en conjunto, conforman la escena que reproduce la aplicación.

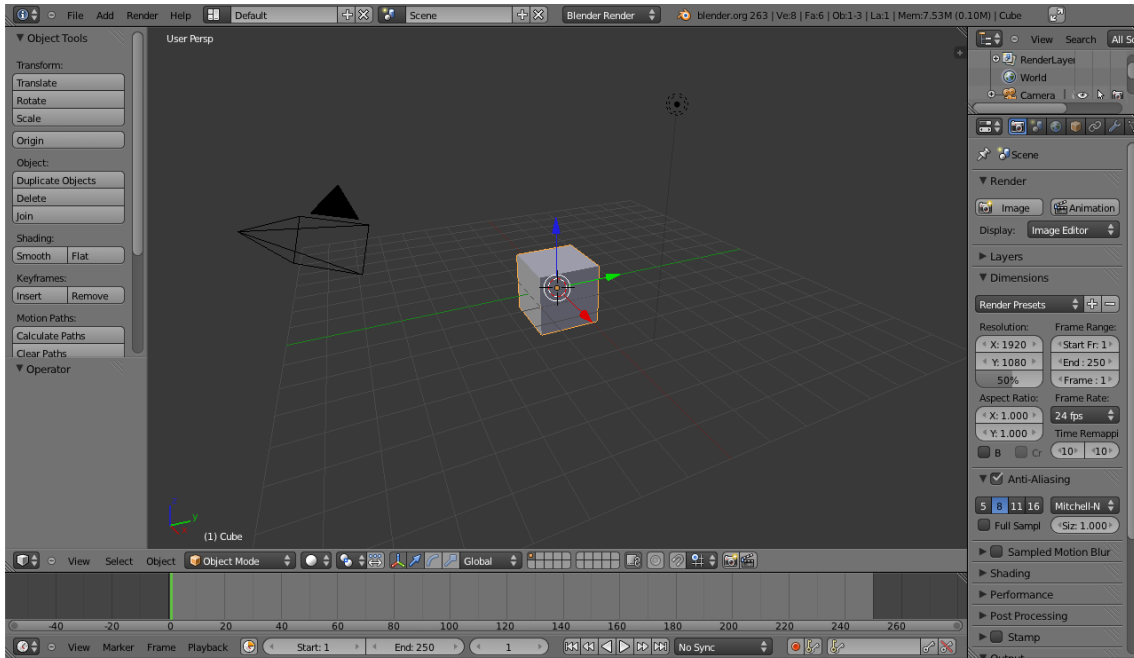
## **7.2 Creación del Modelo Digital**

### **7.2.1 Modelado**

Para la inserción de objetos dentro de la escena, se describió el proceso de adición de la zona de fotocopias a la versión virtual de la instalación universitaria. Se tomó la decisión de detallar la elaboración del modelo de este objeto, hasta la inserción sobre el modelo final utilizado en la aplicación, debido a que es más conveniente describirlo para fines educativos.

Como se puede observar en la ilustración 7, se muestra la pantalla inicial de Blender, que es el entorno de trabajo por defecto. Blender se encuentra dividido en áreas de trabajo llamadas *Ventanas*. Estas tienen la particularidad que pueden cambiar completamente, dependiendo de qué tipo de información se desee mostrar en cada ventana.

Por defecto, las ventanas que se muestran son: Info, 3D View, Timeline, Outliner y Propiedades. Como buen ejemplo del modelado de caja, Blender inicia con un objeto cubo en su ventana “3D View”.



**Imagen 7** Pantalla inicial de Blender

Luego para continuar, se toma una imagen de referencia del objeto a modelar. Normalmente se toman dos o tres imágenes de referencia perpendiculares entre sí para realizar un modelo detallado, pero para este objeto será una sola, debido a que el objeto a modelar no es un elemento indispensable de la escena y por tanto, no amerita detalles. La imagen de referencia se muestra en la ilustración 8.



**Imagen 8** Imagen de referencia

Para poder utilizar la imagen como referencia volumétrica, primero se abre la barra de propiedades de la ventana *3D View*, abriendo el menú *View* y luego la opción

propiedades. Otra forma es pulsando la tecla N en la ventana de edición 3D. Esto mostrará un menú a la derecha como muestra la ilustración 9.

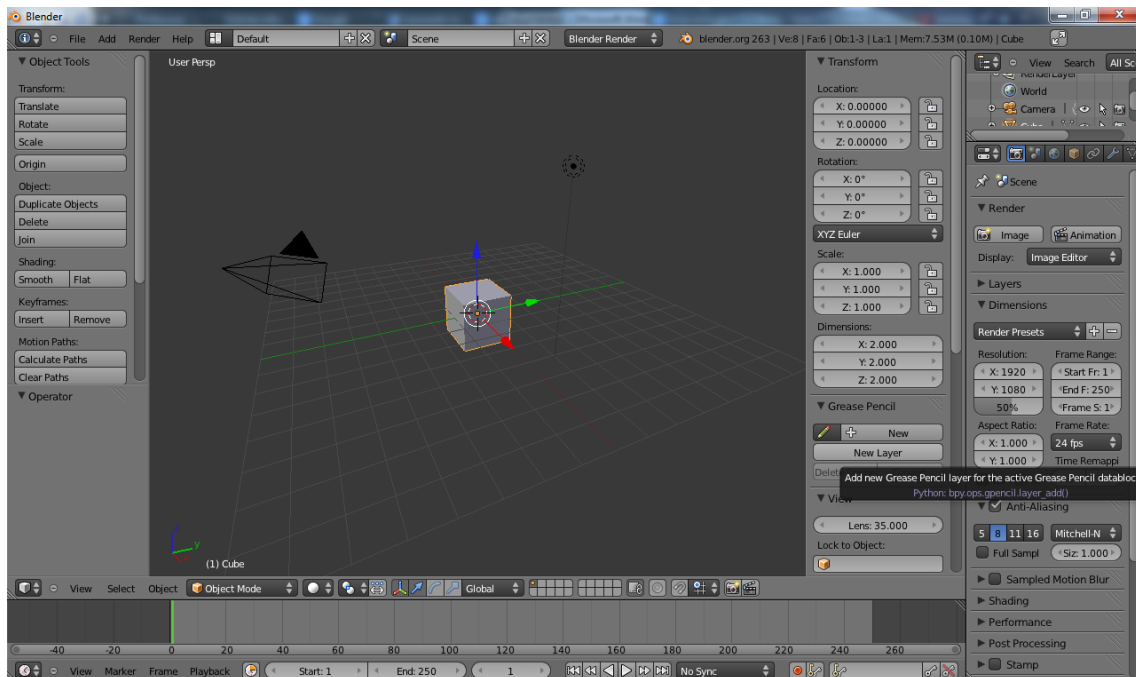


Imagen 9 Barra de propiedades de 3D View

En las opciones más bajas de la barra de opciones, encontraremos la sección de "Background Images", donde podrá adicionar la imagen de referencia a Blender para facilitar el trabajo y manejar proporciones más precisas.

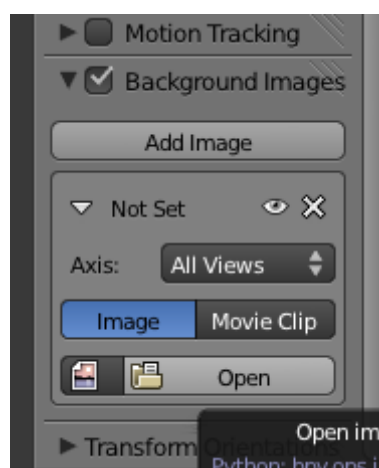


Imagen 10 Adición de imagen de referencia

Al hacer clic en *Open*, Blender cambia su presentación a un modo de apertura de archivos, donde se busca y se selecciona la imagen de referencia (ilustración 11).

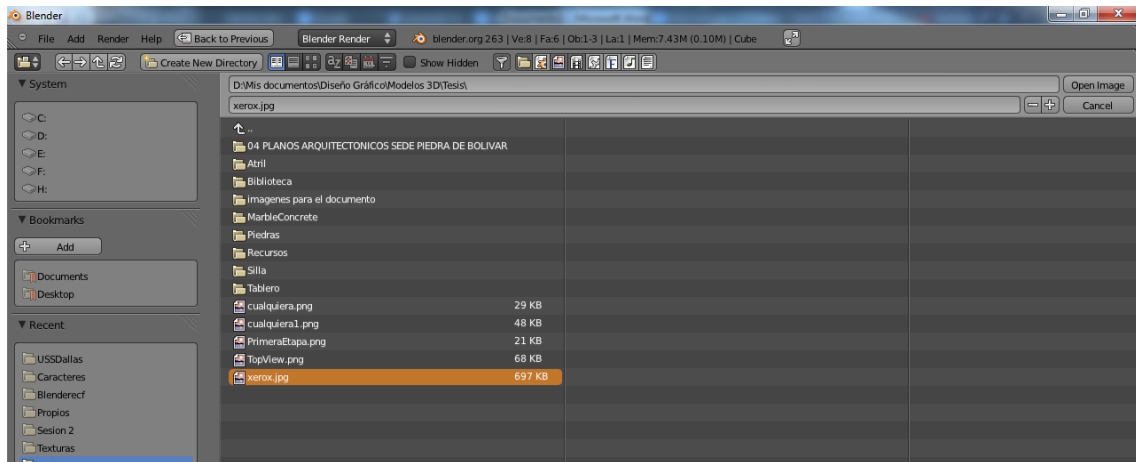


Imagen 11 Abrir archivo

Después aparecerá la ventana principal 3D nuevamente. Para poder ver la imagen de referencia en el Viewport primero se debe activar la vista en modo ortogonal, visualizando todos los puntos del eje Y de forma perpendicular a su punto de vista, suprimiendo los puntos de fuga que da la perspectiva. Para cambiar entre el modo de perspectiva y el modo ortogonal, se presiona el 5 en el teclado numérico. Después de activar el modo ortogonal, se debe centrar el Viewport en uno de los 3 ejes, X, Y ó Z presionando cualquiera de los números 1, 3 ó 7 del teclado numérico (Numpad) a la derecha del teclado. Aumentando la opacidad, puede apreciarse mejor la imagen de referencia (Ilustración 12).

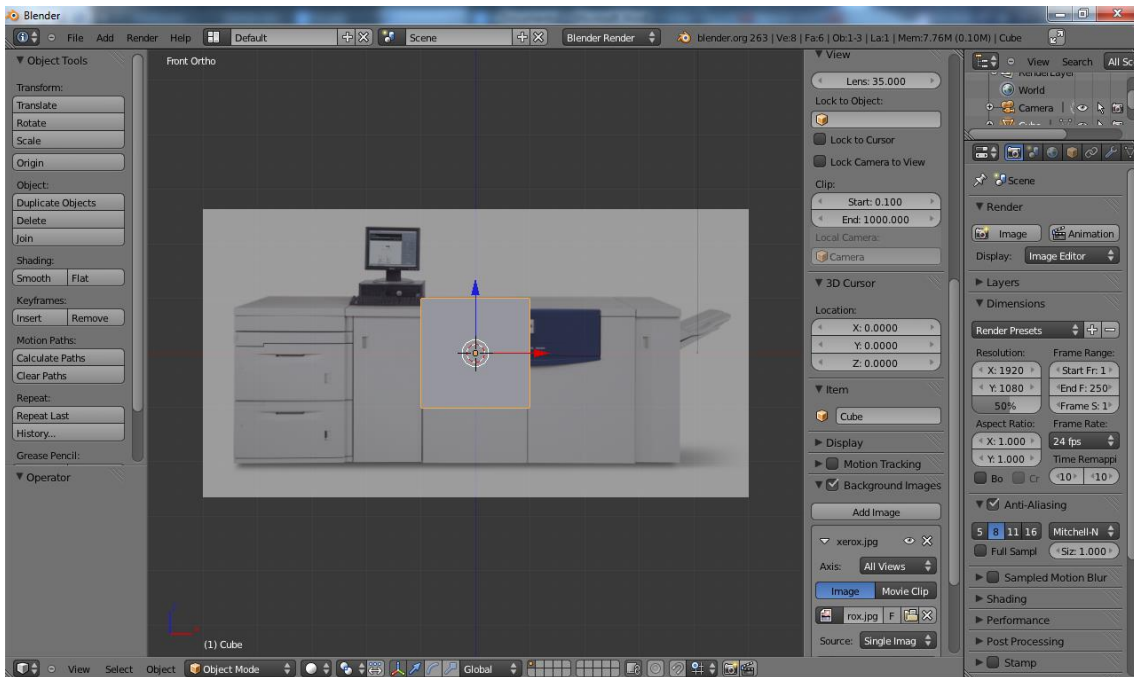


Imagen 12 Imagen de referencia preparada

Los objetos 3D poseen posición, tamaño o escala y ángulo de rotación, todos estos valores se aplican a cada eje del objeto. A la acción de alterar uno de estos valores se le llama transformación. Aplicando el operador de transformación de escala, se ensancha el cubo al ancho de la foto en el eje X (Ilustración 13). Este modelo no tendrá proporción 1:1 debido a que la imagen posee una característica de perspectiva y estamos trabajando una vista ortogonal.

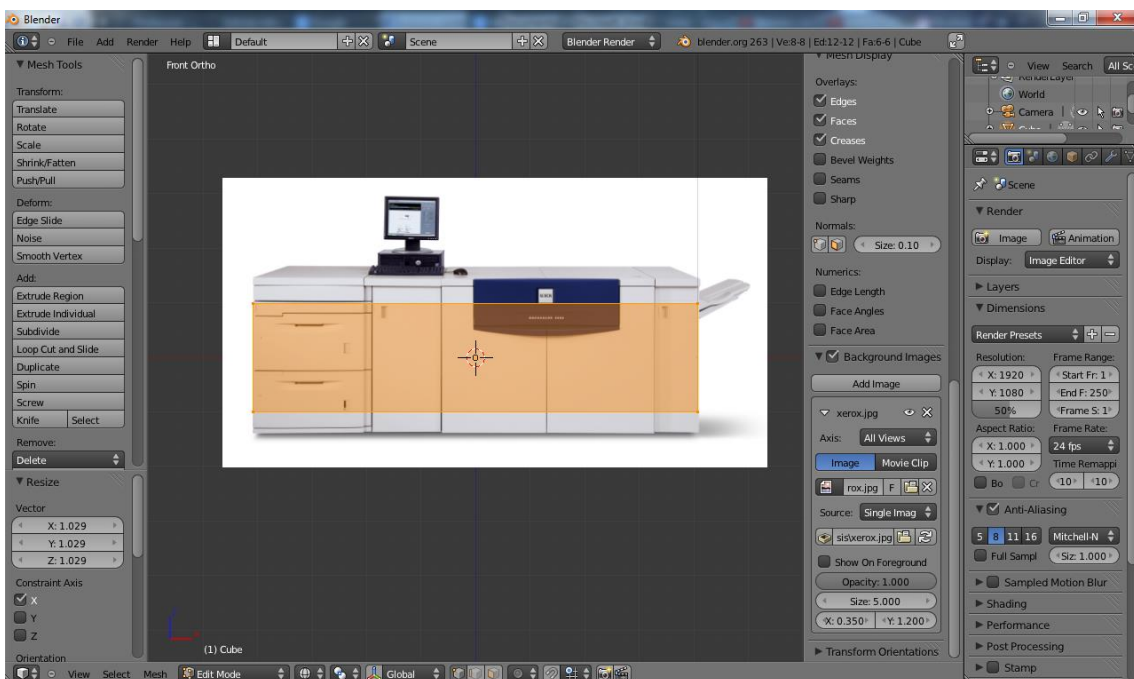


Imagen 13 Ancho de referencia

Una vez que se hace concordar el ancho del cubo con el ancho en la imagen de referencia, se igualan los vértices del cubo a la altura de la fotocopiadora aplicando una transformación de escala sobre el eje Z marcado en color azul (Ilustración 14).

Por cada corte vertical que separa a la fotocopiadora en partes, se debe cortar el cubo en dos. En la ilustración 15 hay 5 bloques, separados por 4 líneas verticales, cada línea vertical representa el final de una sección y el inicio de otra, debido a esto,  $4 \times 2 = 8$  cortes realizados.

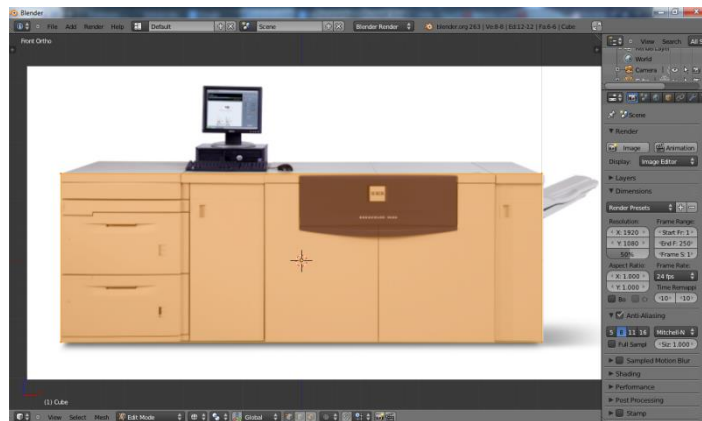


Imagen 14 Alto de referencia

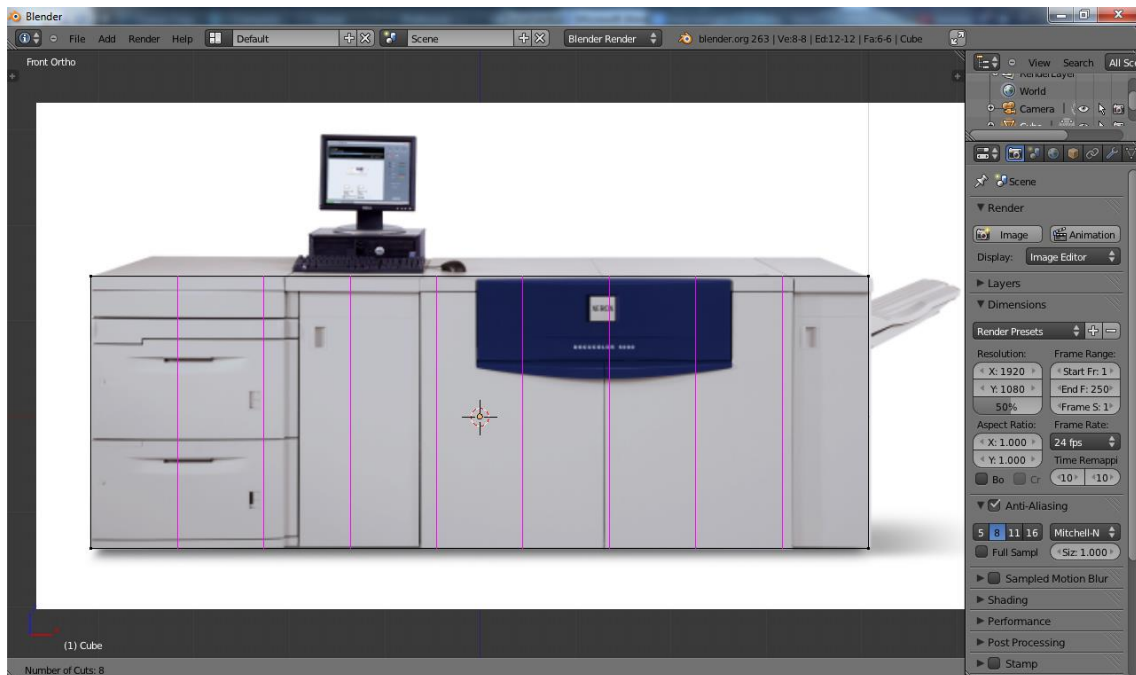


Imagen 15 Cortes verticales

Se agrupan los cortes en pares reduciendo la distancia usando una escala reductora entre ellos y se superponen en cada línea (Ilustración 16). Al terminar el emparejamiento de los cortes, el resultado esperado se muestra en la ilustración 17.

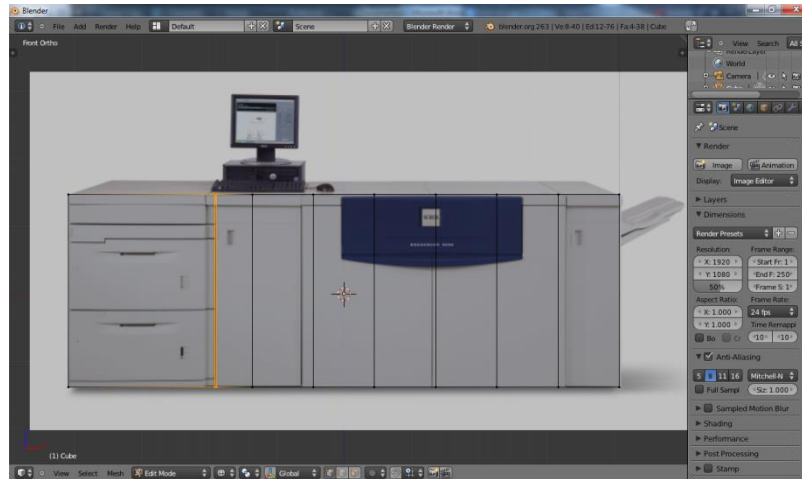


Imagen 16 Emparejamiento cortes

En la parte superior de la fotocopiadora, paralelo al eje X, hay un corte que separa la parte superior en dos, por tanto se realiza la misma operación para la horizontal (Ilustración 18).

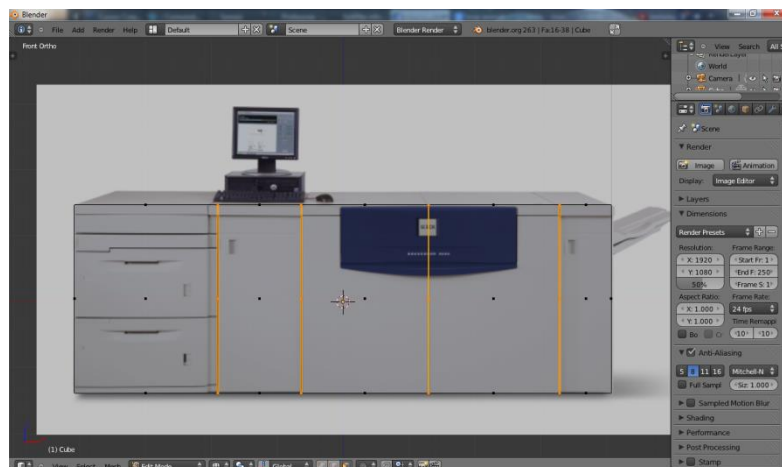


Imagen 17 Cortes emparejados

Hay dos partes de la fotocopiadora que está debajo del computador y el de la esquina está un poco hundido, realizamos otro corte doble del lado del computador.

El extremo derecho de la máquina de fotocopias también tiene una unión, sin embargo al estar en la parte más extrema, con el corte que se hizo mostrado en la ilustración 17, se genera el efecto.

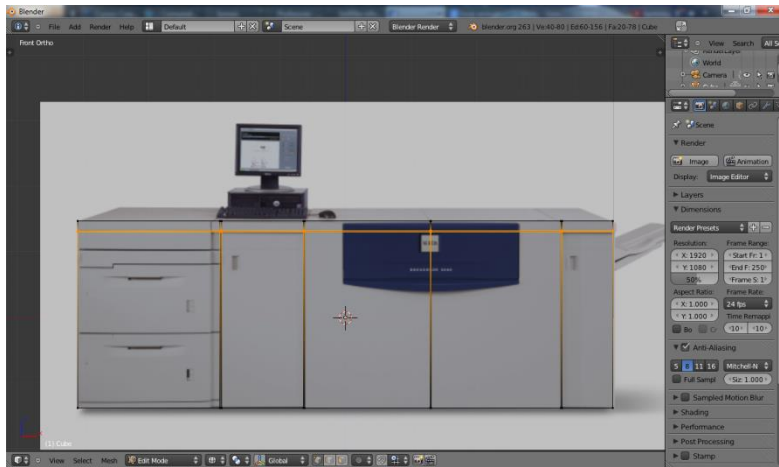


Imagen 18 Corte horizontal

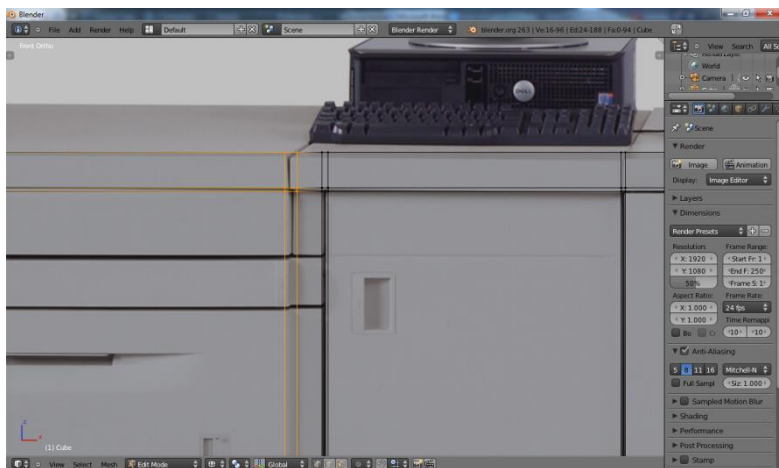


Imagen 19 Corte adicional



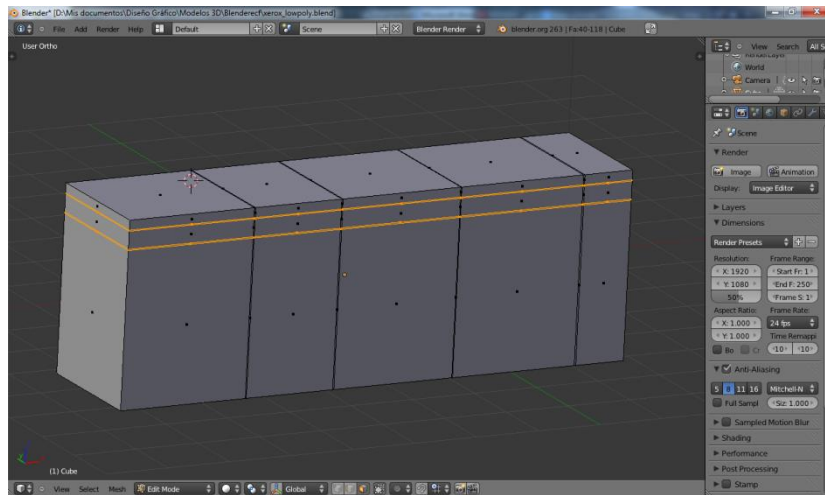


Imagen 20 Geomería Base

Después de varios cortes se busca el resultado de la ilustración 20; se deja el corte donde se producen los bajos relieves y algunas divisiones, los efectos de las demás divisiones se dejarán intactas. Nótese las caras seleccionadas; serán escaladas a menor tamaño, para crear una ranura tal como lo muestra la imagen de referencia.

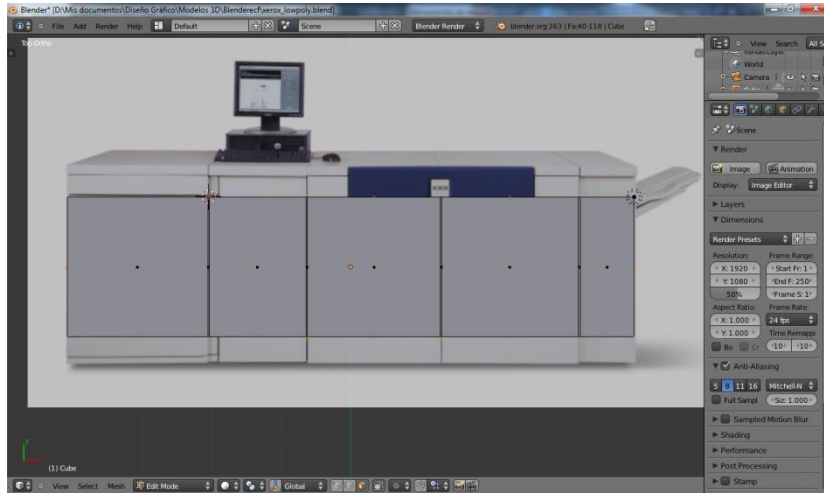


Imagen 21 Vista superior

Luego pasando a la vista superior (ilustración 21) y ocultando la información de las caras, se utiliza la operación de extracción y escalado de forma simultánea (ilustración 22). La extracción es una operación que toma el contenido de un objeto seleccionado, lo duplica y luego modifica su posición sin perder su nexos con el contenido original.

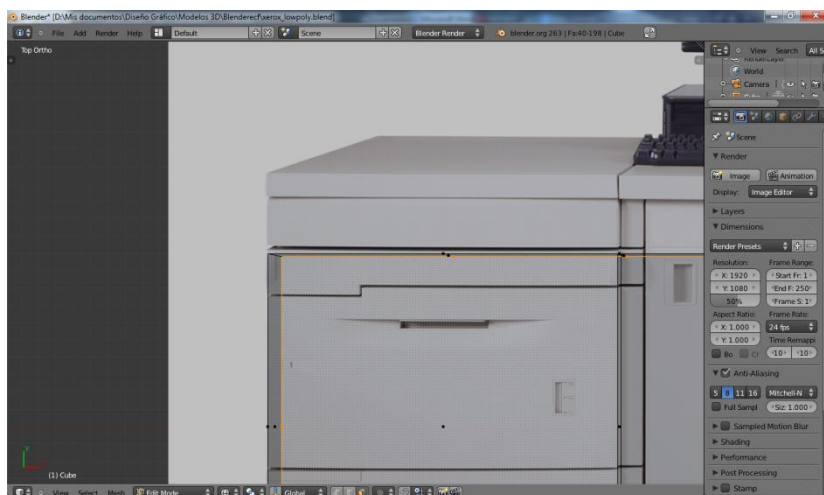


Imagen 22 Extracción de caras

Después de escalar un poco hasta conseguir el grosor deseado, con la misma selección, ahora se transforma la escala en el eje X para conseguir un ancho aproximado al otro borde que se muestra en la parte superior desde la vista superior (ilustración 23).

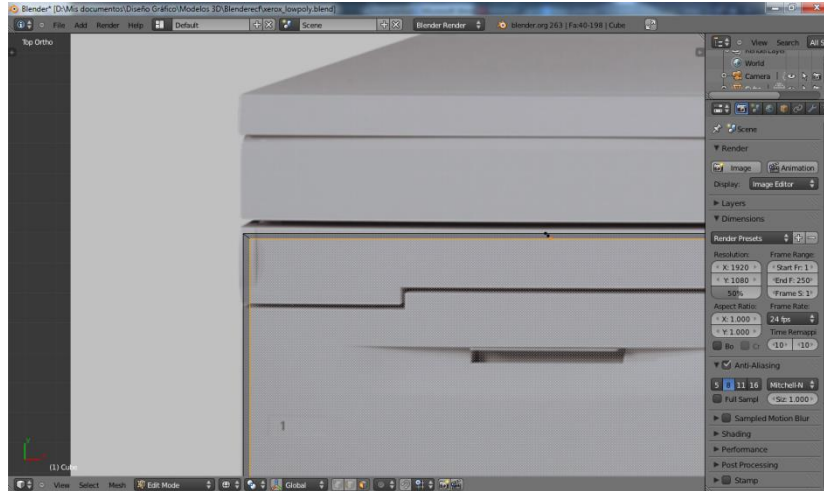


Imagen 23 Escala en X del borde

Activando la vista de perspectiva y el sombreado de las caras del Viewport, se puede percibir el efecto de las ranuras realizadas (ilustración 24).

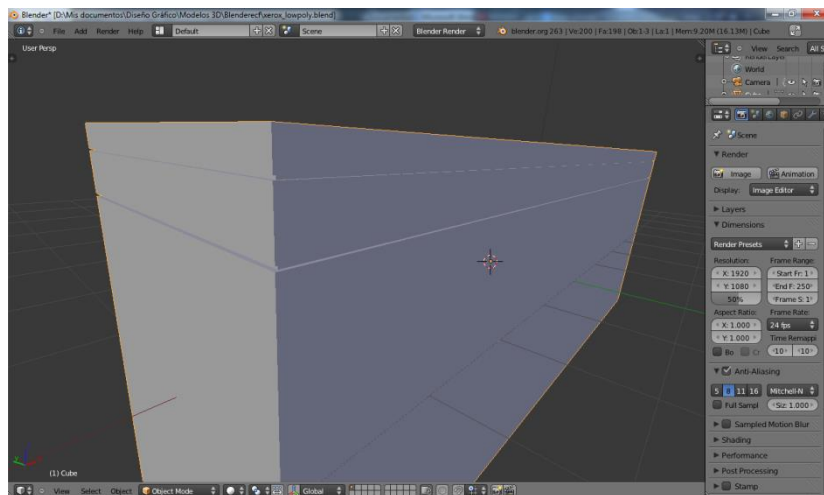


Imagen 24 Perspectiva y ranuras

Luego se seleccionan las caras de los cortes realizados verticalmente (Ilustración 25), y se repite el proceso que se hizo para conseguir los resultados de la ilustración 24.

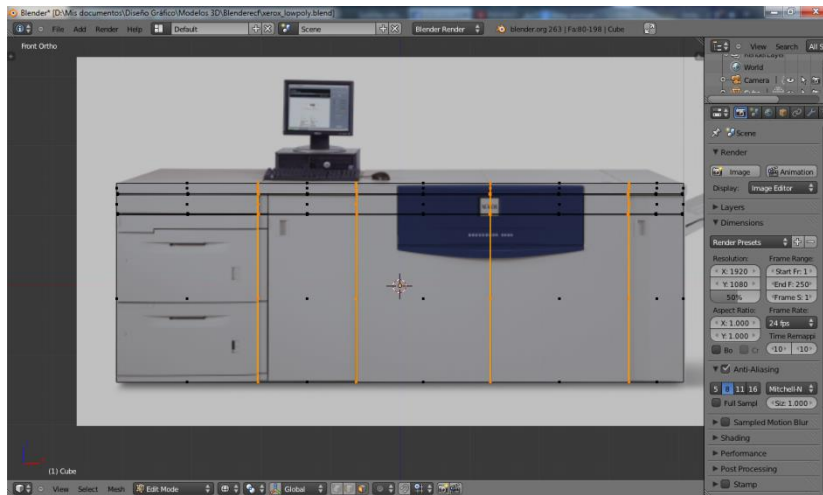


Imagen 25 Cortes verticales

Después de extraer y escalar los verticales, se obtiene el resultado en la ilustración 26. Luego se agrega otro cubo, para moldear la parte azul que aparece en la imagen de referencia de la fotocopiadora (ilustración 27).

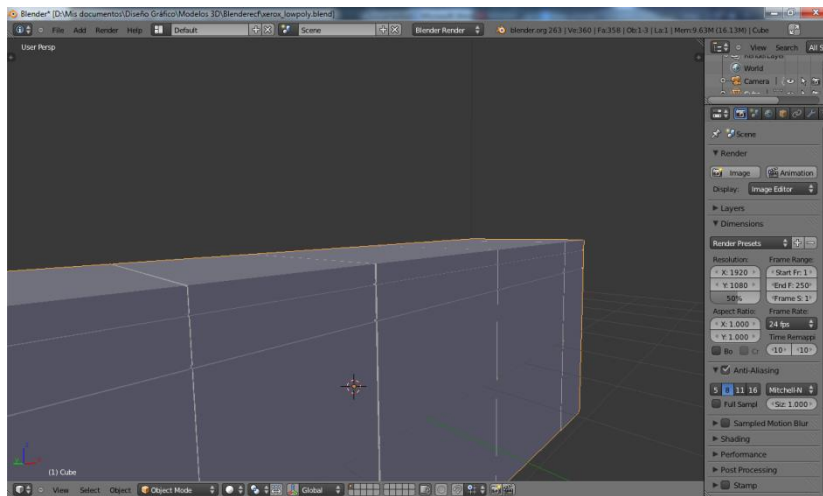


Imagen 26 Resultado de extraer y escalar los cortes

Aplicando otra de las transformaciones de los atributos de un objeto 3D, trasladamos la posición de los vértices del cubo, para que ocupen el área que se muestra en la imagen de referencia.

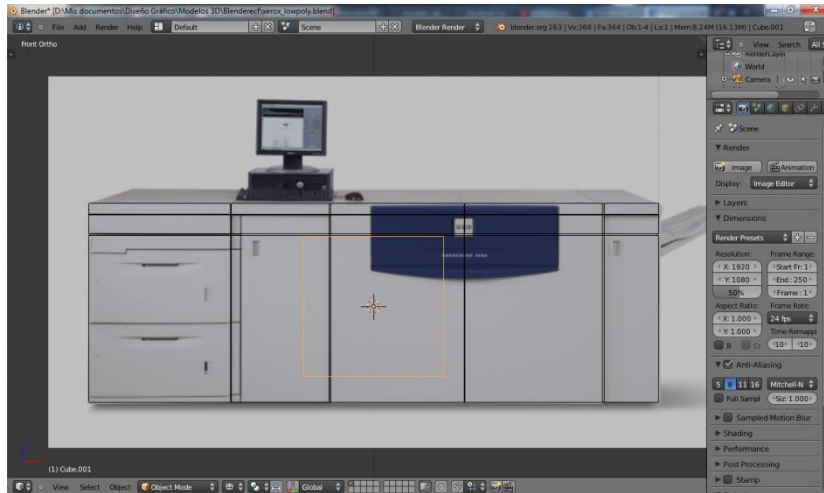


Imagen 27 Cubo adicional

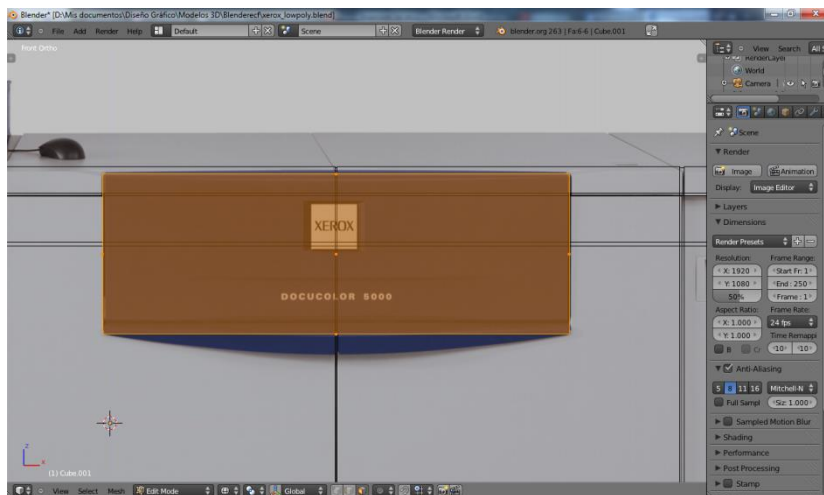


Imagen 28 Posicionamiento del cubo

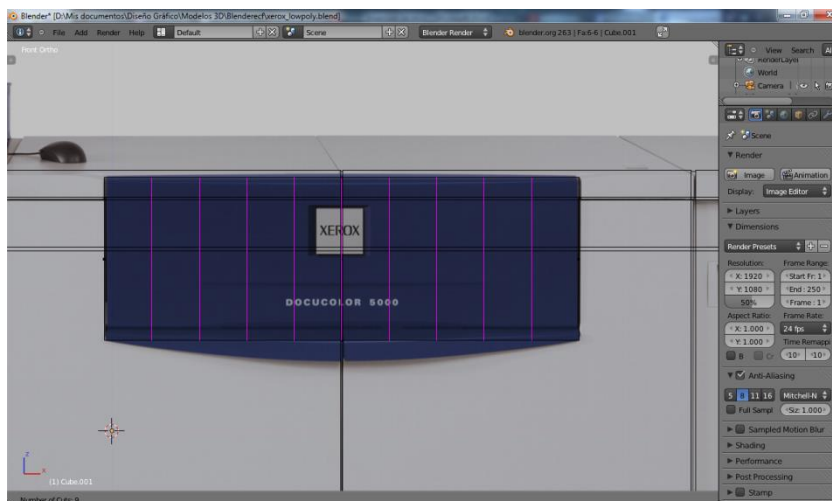
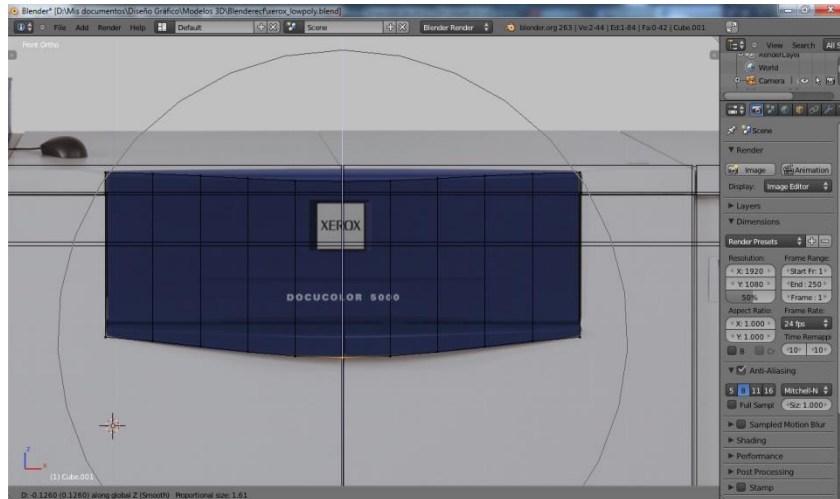


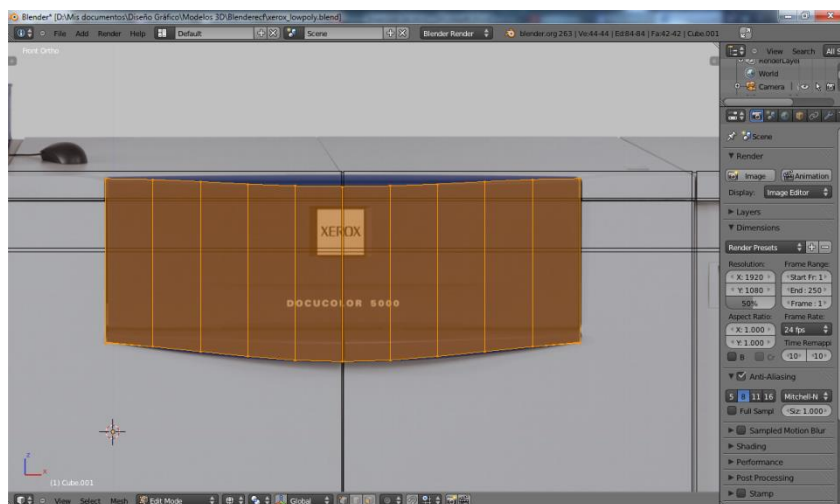
Imagen 29 Cortes verticales

Después, realizamos varios cortes verticales para agregar varios vértices a lo largo de la curva que se produce en la parte inferior del bloque azul, y posteriormente agregar un efecto de curva (ilustración 29).



**Imagen 30 Agregando curva con transformación proporcional**

Después, seleccionamos los vértices de la parte inferior (ilustración 30) y se desplazan hacia abajo activando previamente la edición proporcional (Tecla O para activar), luego con la rueda del ratón incrementamos el área de efecto para hacer el contorno de la curva. El resultado esperado se muestra en la ilustración 31.



**Imagen 31 Resultado esperado**

Luego, se seleccionan los vértices que corresponden a la parte superior del cubo y usando la transformación de escala, se indica que la distancia proporcional en escala en el eje Z, es cero, para quedar alineados con respecto al eje X.

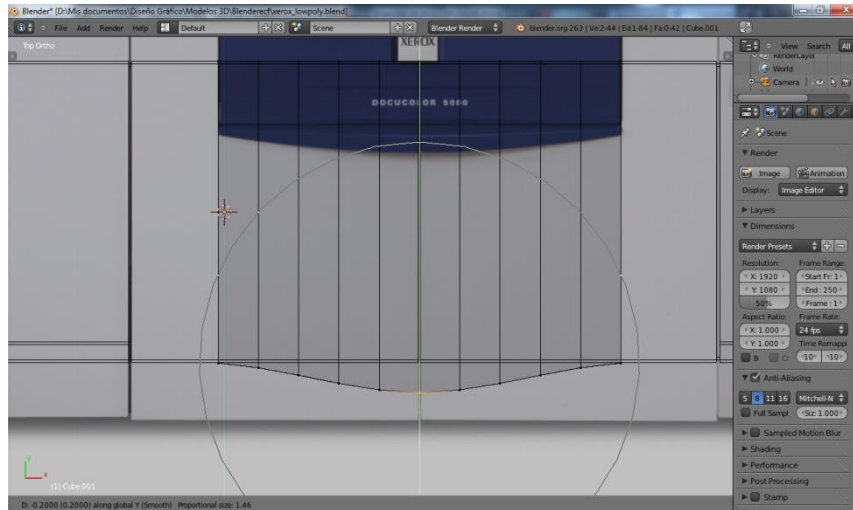


Imagen 32 Edición en la vista superior

Por la perspectiva de la foto, el frente del bloque azul también tiene una curva sobresaliente frontal, por lo cual se repite la acción desde la parte superior (ilustración 32).

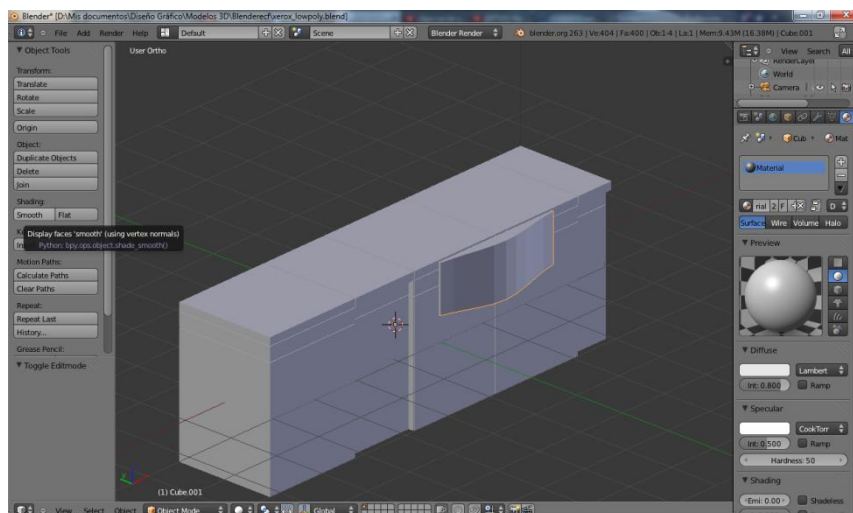


Imagen 33 Bloque con sombreado flat

Al bloque de color azul, se le ajusta el sombreado de *flat* (plano) a *smooth* (suave) como se muestra en la ilustración 33; esto le indicará al motor OpenGL que las sombras entre



dos caras adyacentes deben ser tratadas como gradientes y no como caras planas a la luz, para dar un efecto de curva (ilustración 34).

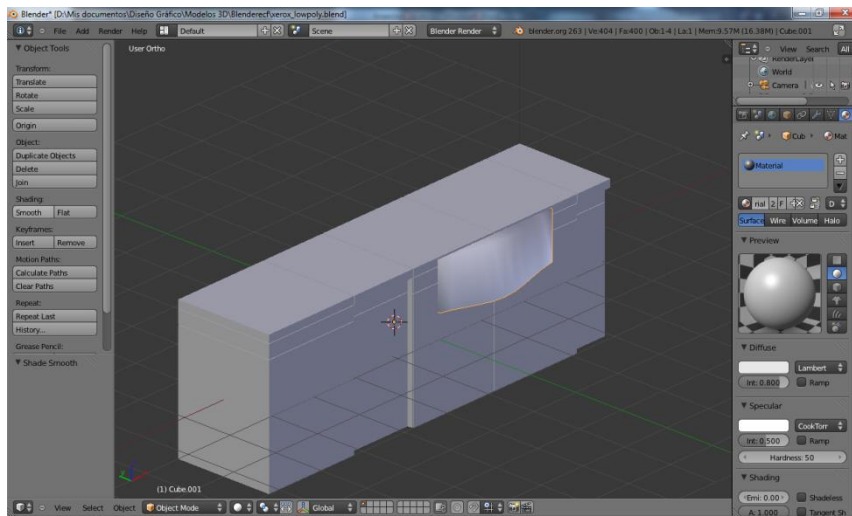


Imagen 34 Bloque con sombreado smooth

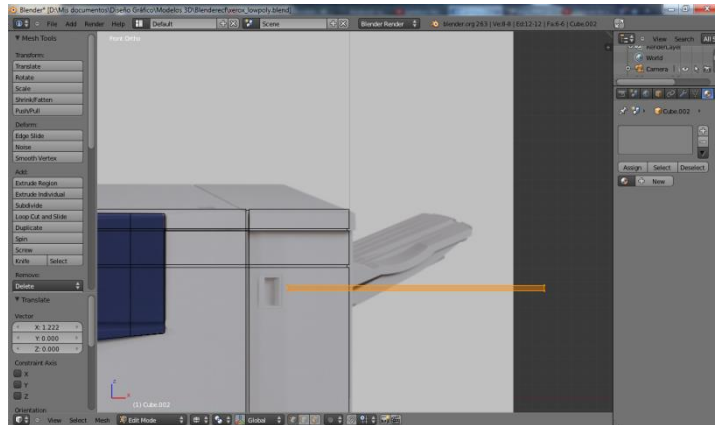


Imagen 35 Imagen de referencia 2

Después se utiliza otra imagen de referencia (ilustración 35) para la parte lateral del equipo. Esta imagen de referencia en particular no sirve para referencias volumétricas al no estar perpendicular sobre 1 de los ejes X, Y ó Z. Será utilizada para agregar detalles



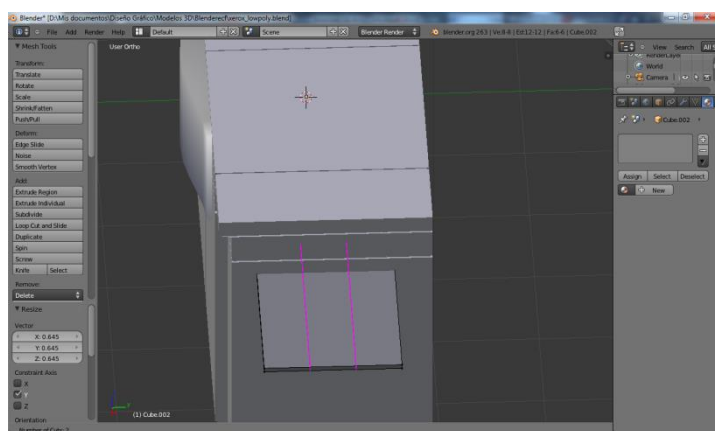
adicionales del área de trabajo de la fotocopidora: la bandeja de alimentación de hojas, libros en la parte superior, un computador entre otros elementos, parece ser la configuración habitual de esta máquina.



**Imagen 36 Bandeja de alimentación 1**

Para la bandeja se agrega otro cubo y se redimensiona a criterio empírico. Inicialmente la bandeja se trabaja de forma paralela a los ejes; si se agrega información de rotación en este punto innecesariamente, puede complicar el manejo de las herramientas de transformación.

Desde otro ángulo, se reduce el tamaño de fondo de la bandeja sobre el eje Y, y aplicamos dos cortes paralelos al eje X (ilustración 37). En las ilustraciones 38, 39 y 40, se realizan pasos descritos anteriormente en las ilustraciones 15, 16 y 29.



**Imagen 37 Cortes paralelos al eje X**

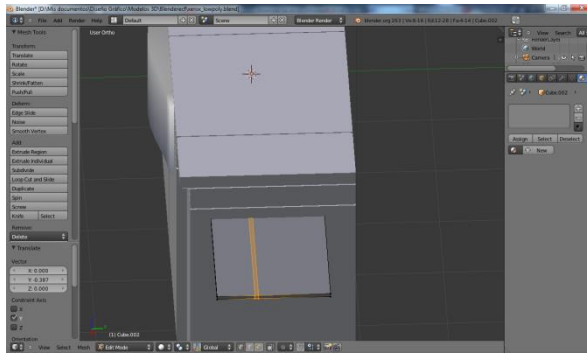


Imagen 38 Emparejamiento del corte

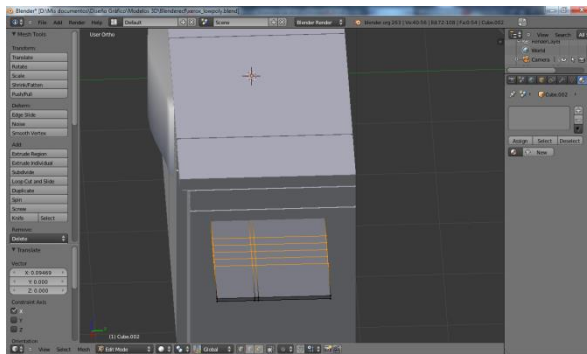


Imagen 39 Cortes perpendiculares

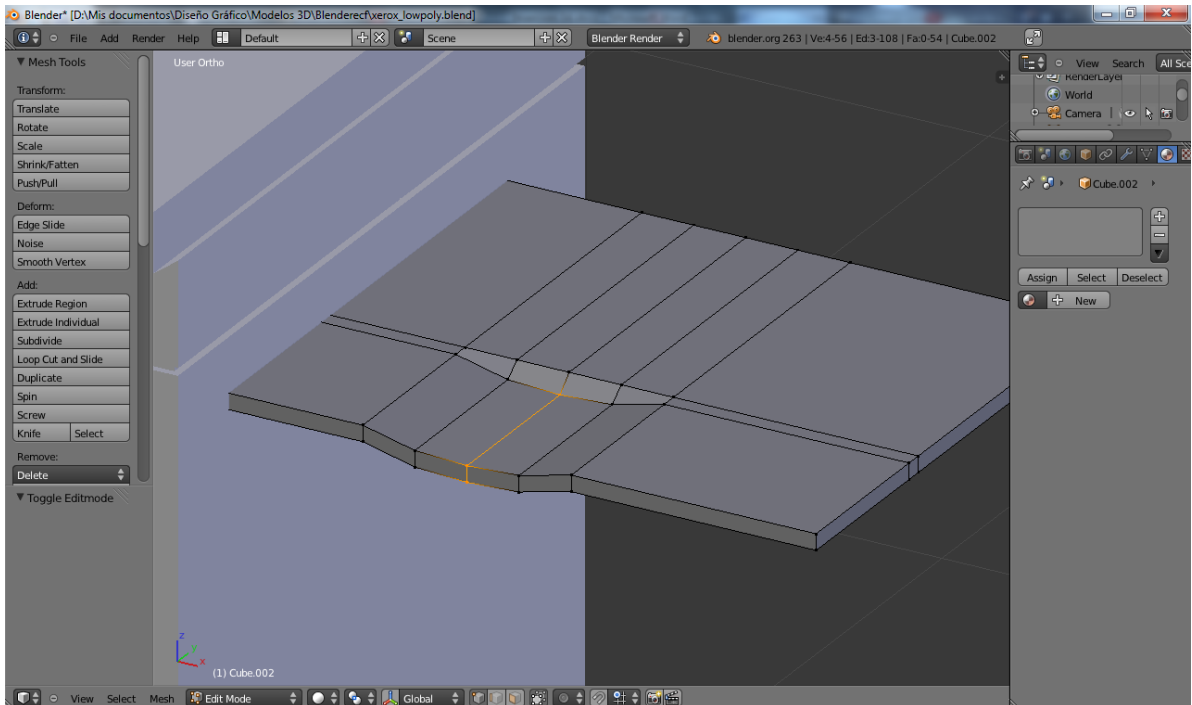


Imagen 40 Detalle de bajo relieve

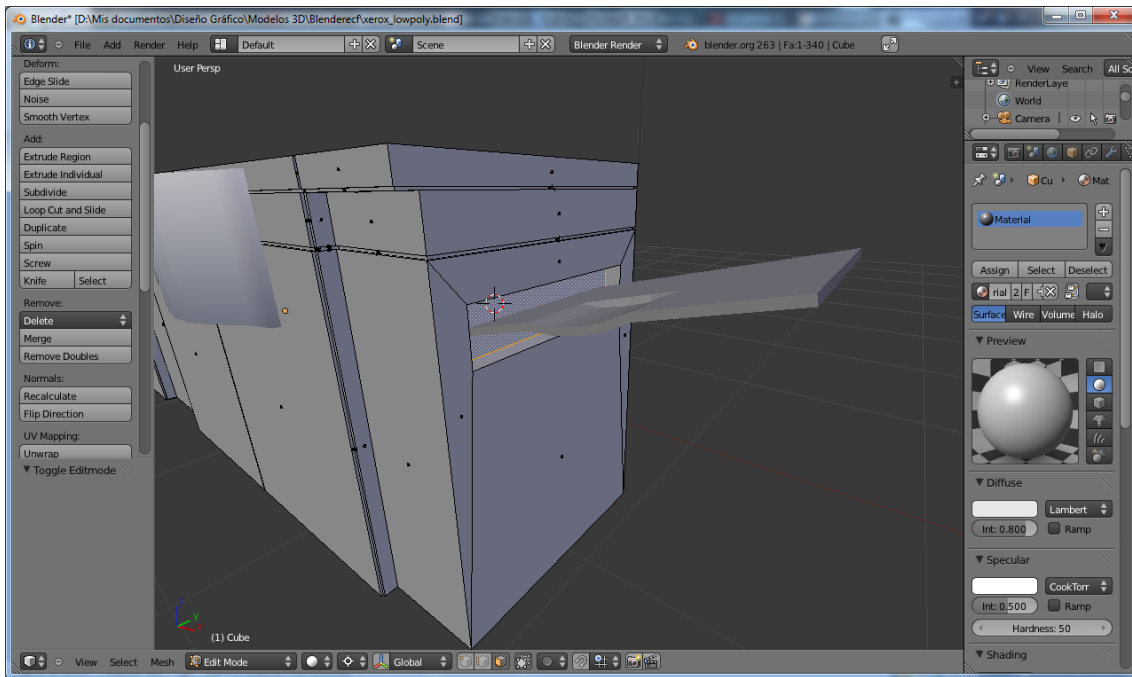


Imagen 41 Espacio para la bandeja

En el bloque principal de la fotocopiadora, seleccionamos la cara que se encuentra a la derecha y luego, usamos la operación de transformación extraer para hacer una copia de la cara. Luego escalando esa nueva cara la colocamos del tamaño que se muestra en la ilustración 41 y luego, aplicamos extraer (E) nuevamente para hundir esa cara hacia el interior de la máquina. Después de agregar otros detalles a la bandeja, se da por terminado lo correspondiente al modelado 3D. De aquí en adelante el proceso de desarrollo de un Modelo 3D, continúa en la parte de texturizado.

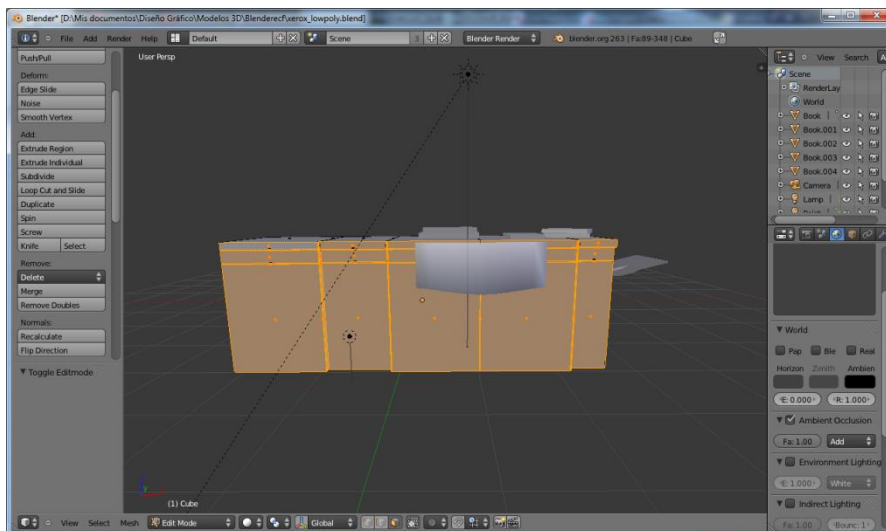


Imagen 42 Caras de la parte frontal de la fotocopiadora

### 7.2.2 Texturizado

El texturizado para videojuegos ha evolucionado en sus técnicas en los últimos años, pero básicamente consiste en mapear puntos tridimensionales en un plano bidimensional. Iniciando el proceso de texturizado por el bloque principal de la fotocopiadora, primero se seleccionan las caras que se encuentran al frente, como se muestra en la ilustración 42.

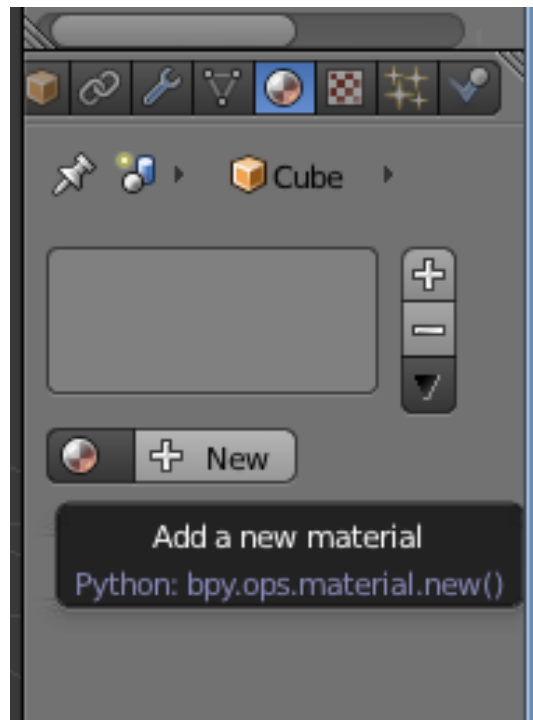


Imagen 43 Adicionar nuevo material (antes)

En la ventana de propiedades en el menú de materiales (ilustración 43), se agrega un nuevo material presionando la cruz con el texto *New*. El material se puede renombrar en la parte inferior de la lista de materiales. Los materiales son propiedades que se le agregan a los objetos de características físicas como peso, color, refracción de la luz, reflejos, transparencias, entre otros. Se pueden agregar N materiales a un objeto, de preferencia 1 material por cada zona particular. Y a cada material se le pueden agregar varias texturas.

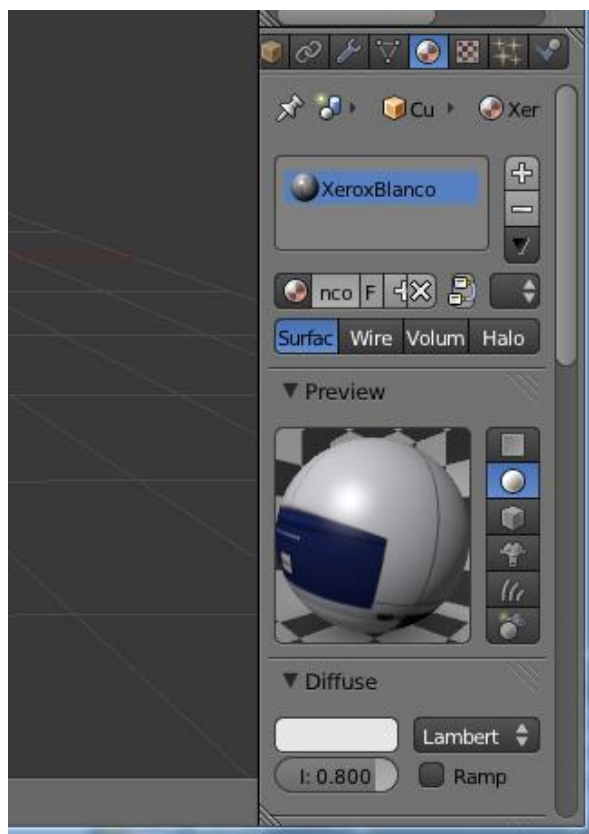


Imagen 44 Adicionar un nuevo material (después)

El nuevo material aparecerá en el cuadro en la parte superior de los materiales (ilustración 44). En la ventana de propiedades a la derecha de materiales, están las opciones de texturizado, se muestra en forma de cuadros rojos y blancos. Por defecto, todos los materiales traen una textura, y se puede renombrar en la parte inferior de las listas bajo el nombre txBlancoxerox.

El tipo de textura que se debe utilizar para OpenGL siempre debe ser *Image or Movie*; al activarse cambia parte del panel y adiciona una nueva sección *Image*, en la cual podrá seleccionar la imagen que se utilizará de textura, haciendo clic en el ícono de imagen y seleccionar la imagen de referencia frontal utilizada en primera instancia.

Si la imagen a usar es diferente, entonces se debe hacer clic en el ícono de la carpeta. Más abajo en la sección *Mapping*, se debe cambiar el tipo de coordenadas generadas a UV. Esto hace que la representación de posiciones tridimensionales del volumen seleccionado, sean transformadas a un plano, al indicar UV, estas posiciones se establecen de forma manual.

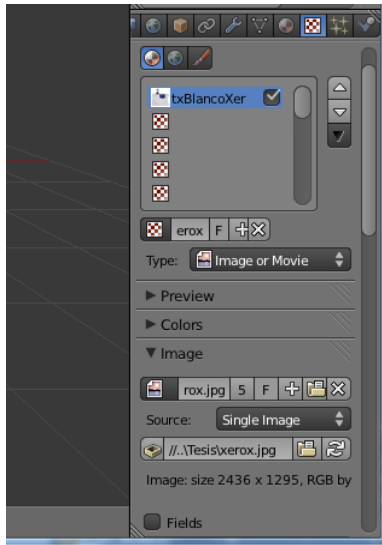


Imagen 45 Cuadro de texturas

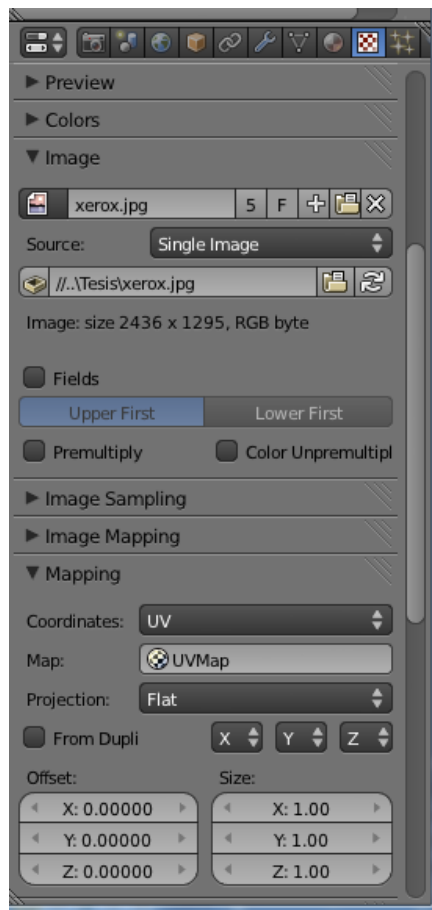


Imagen 46 Coordenadas UV

Después seleccionamos la imagen de frente que estábamos utilizando de referencia: ahora la utilizaremos como imagen de textura para la parte frontal de la fotocopiadora.

Se abre otra ventana en la parte inferior de tipo *UV Image Editor*. En ella se mostrarán representadas las posi-ciones bidimensionales de las posiciones tridi-mensionales que poseen las caras del modelo seleccionadas. En la ilustración 47 se muestra la selección de la imagen sobre la que se mapeará.

Blender ofrece varias herramientas para "desenvolver" el volumen 3D y mapearlo sobre una imagen 2D. En este caso, la herramienta utilizada para desenvolver será *Unwrap Project from View*, que toma la información tal y como se ve en el Viewport y las coloca sobre la imagen.

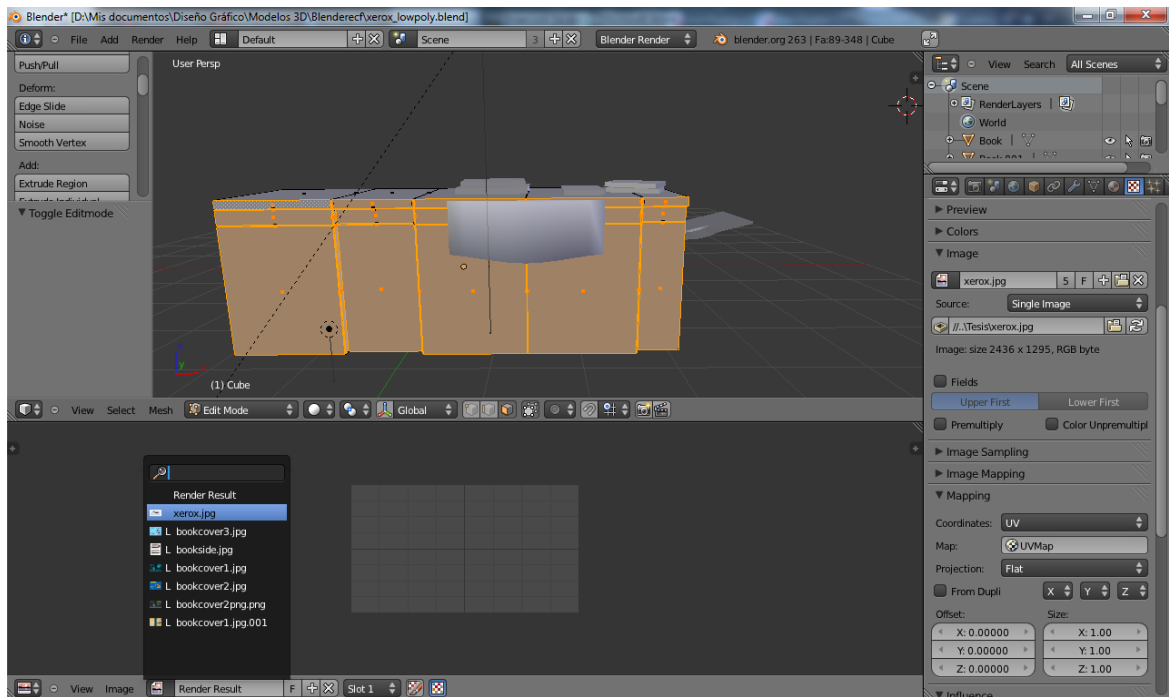


Imagen 47 Selección de imagen en el UV Editor para mapear el objeto

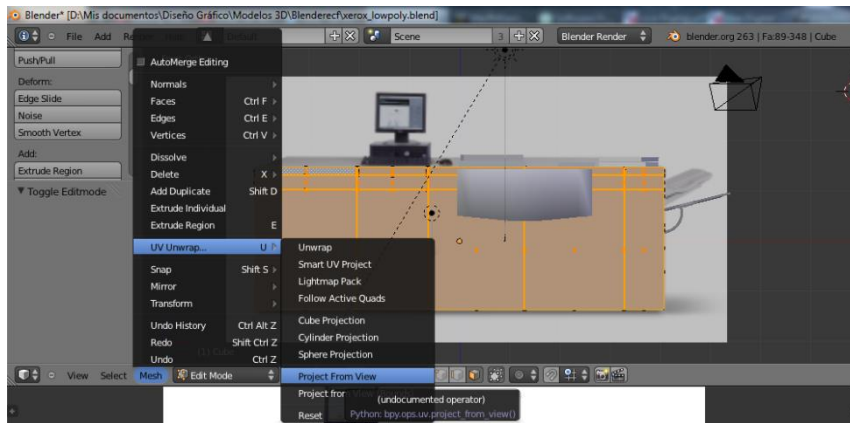


Imagen 48 Unwrap project from view

Se verifica que el Viewport esté en modo ortogonal y alineado en la vista frontal presionando la tecla Numpad 1. Después se siguen las opciones de menú que muestra la ilustración 48. Los puntos de coordenadas UV se muestra distribuido tal y como se ve la selección en el Viewport; con unos pequeños ajustes de escala, la distribución de puntos UV al final se muestran en la ilustración 49.

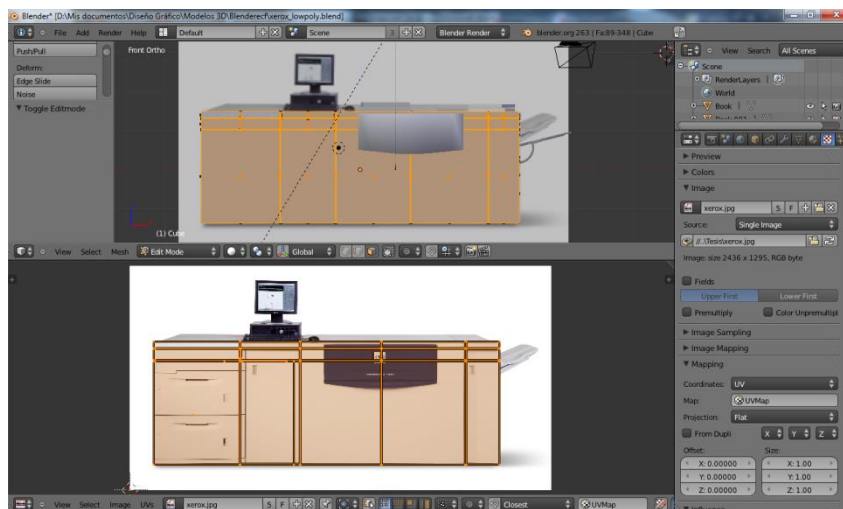


Imagen 49 Puntos UV Mapeados en la imagen

Si la textura no se dibuja sobre la superficie del bloque inmediatamente, se debe verificar que el modo de procesamiento se esté realizando con GLSL como se ve en la ilustración 49 en la parte derecha. Para esto, se siguen los pasos mostrados en la ilustración 50, y después en las opciones que muestra en la sección "Display", seleccionar Shading GLSL. Los procedimientos desde la ilustración 46 hasta la 48, se repiten para el bloque azul del nombre de la fotocopiadora y el resultado esperado se muestra en la ilustración 52.



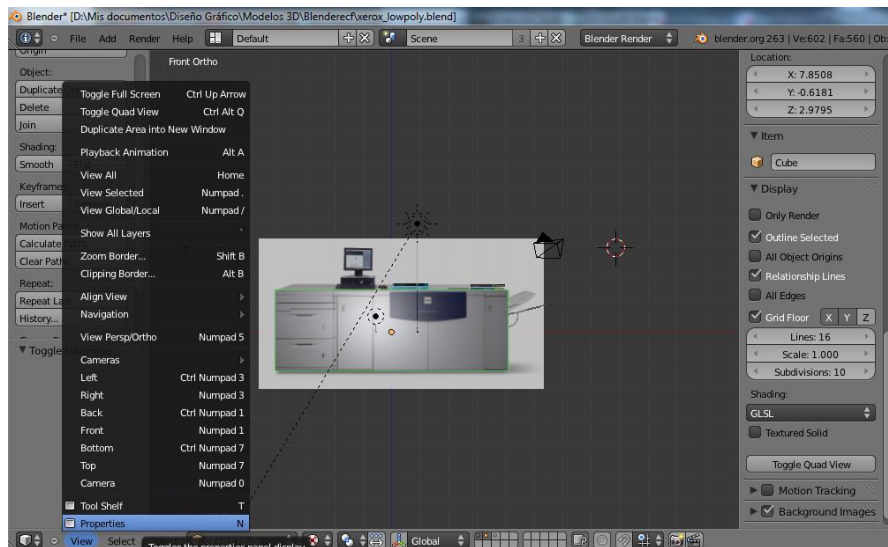


Imagen 50 Activar barra de propiedades

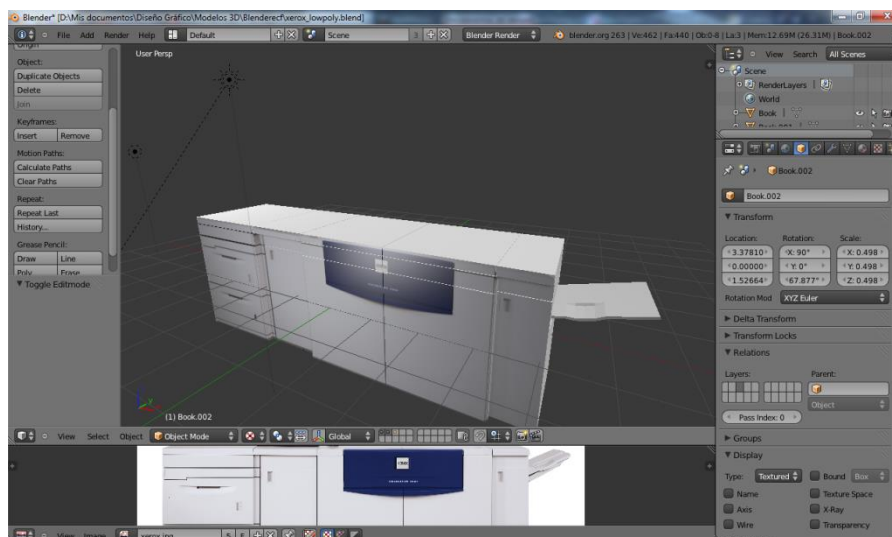


Imagen 51 Sección principal texturizada

Entre la ilustración 51 y la ilustración 52 se puede apreciar la diferencia entre los detalles conseguidos con volumen y los detalles conseguidos con imágenes; adicionalmente la luz se comporta de forma diferente sobre el volumen de la fotocopiadora.

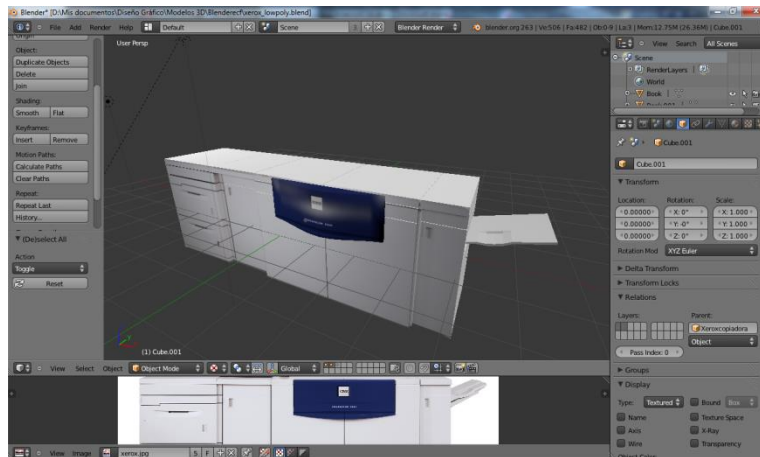


Imagen 52 Bloque azul texturizado

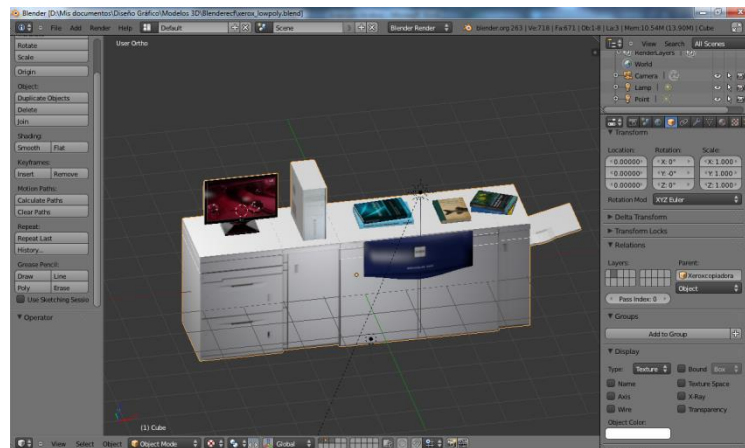


Imagen 53 Libros adicionales

Se modelan componentes adicionales para la fotocopiadora, generando otros objetos, pero teniendo en cuenta en que serán objetos estáticos, se unifican todos los objetos para manejar 1 sola entidad en Unity. Cada objeto se trata de forma independiente en Unity, por tal caso es mejor tratar 1 objeto para rotar, desplazar y escalar, que aplicar las mismas transformaciones en varios objetos.

Para unificar los objetos, se seleccionan primero los que serán fusionados y al final se selecciona el objeto contenedor; se presiona ctrl + j y se confirma la unificación de los objetos en 1 sólo. La unificación consiste en tomar todos los Mesh que componen a los objetos (y sus materiales) y componerlos como Mesh & materiales adicionales al objeto destino.



Imagen 54 Varias formas de 1 solo objeto

### 7.2.3 Exportar a Unity

Con el objeto fotocopiadora únicamente seleccionado, se exporta el modelo unificado abriendo el menú archivo, desplegable exportar y seguidamente la opción *Autodesk .fbx* (Ilustración 55).

Luego se define la ruta y el nombre del archivo a exportar (ilustración 56). En la parte lateral es importante en colocar activa la opción *Selected Objects* (ilustración 57); esto garantizará que el único objeto a ser exportado será el objeto fotocopiadora; Los objetos cámara y luz no son soportados por Unity, a la vez garantiza que otros objetos residuos que hayan podido quedar en algunas de las capas de la escena, no sean agregados al producto a exportar. Otro campo a tener en cuenta es *Scale*. A menudo es necesario aumentar de 10 a 100 veces el tamaño de un objeto en Blender a Unity, pero esto puede hacerse tanto desde Blender con esa opción o desde Unity.

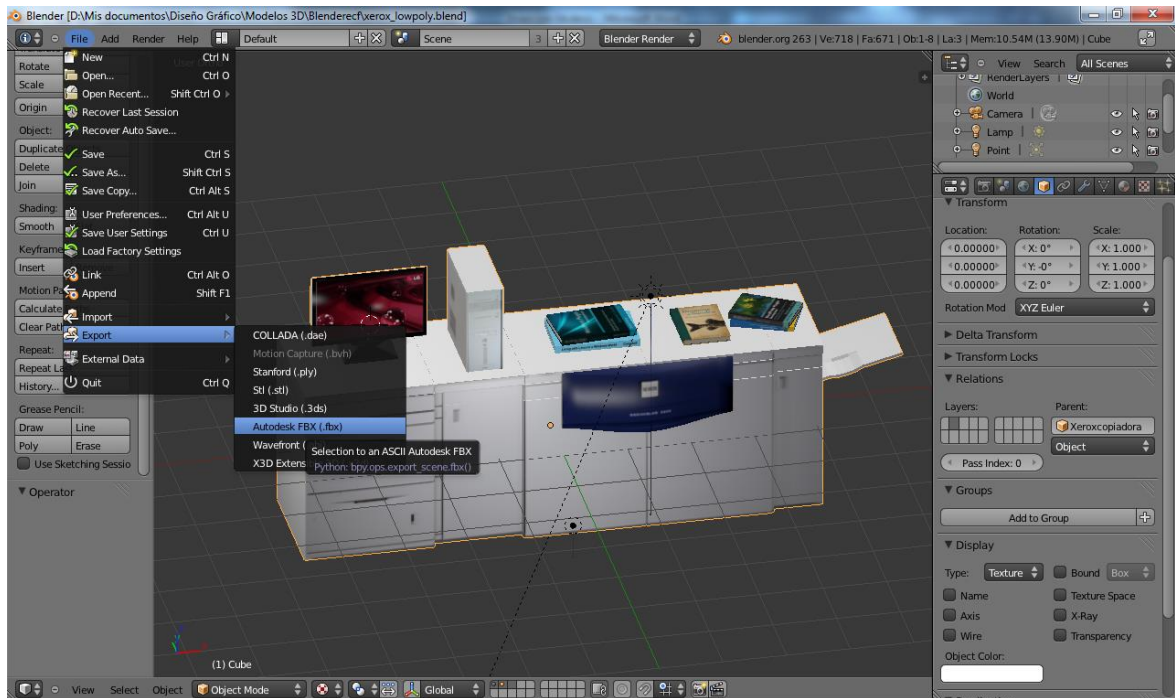


Imagen 55 exportando el modelo a formato .fbx

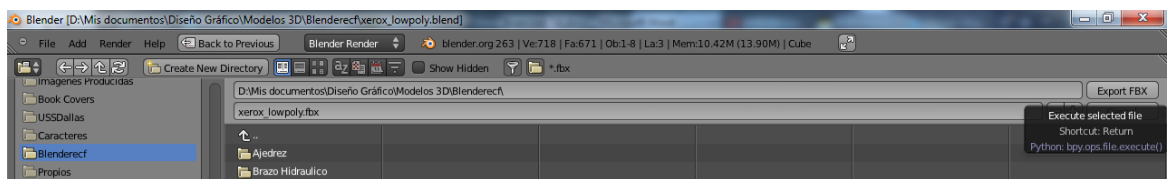


Imagen 56 Ruta de exportación

Otra forma de exportar los modelos de Blender a Unity, es copiando los archivos .blend directamente en la carpeta *Assets* del proyecto en ejecución (ilustración 58); para que pueda funcionar este método, es necesario utilizar la versión de instalación de Blender y no la empaçada. Sin embargo de esta forma es más difícil el mantenimiento de los modelos 3D.

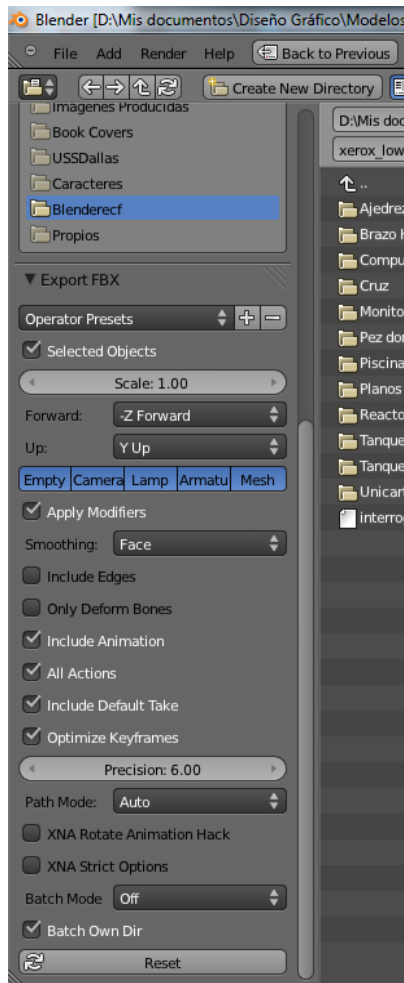


Imagen 57 Opciones de exportación

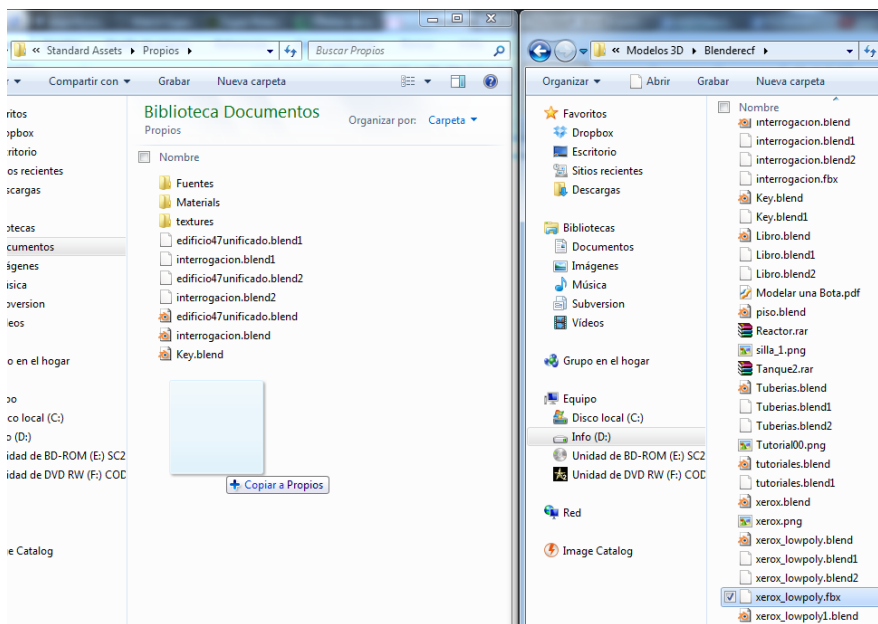


Imagen 58 Arrastrando xerox\_lowpoly.fbx a una carpeta conocida dentro del proyecto Unity en Standard Assets

## 7.2.4 Inserción en Unity

Después de exportar el archivo .fbx, se arrastra a una carpeta dentro del proyecto Unity que será utilizada; se recomienda crear una carpeta manualmente para agregar los elementos creados en Blender, pues al adicionarlos genera una subcarpeta de materiales y así se puede llevar un mejor control de los recursos, al igual que una carpeta para agregar las imágenes de textura. Las imágenes de textura se agregan a un proyecto Unity, copiando las imágenes dentro de una carpeta del proyecto.

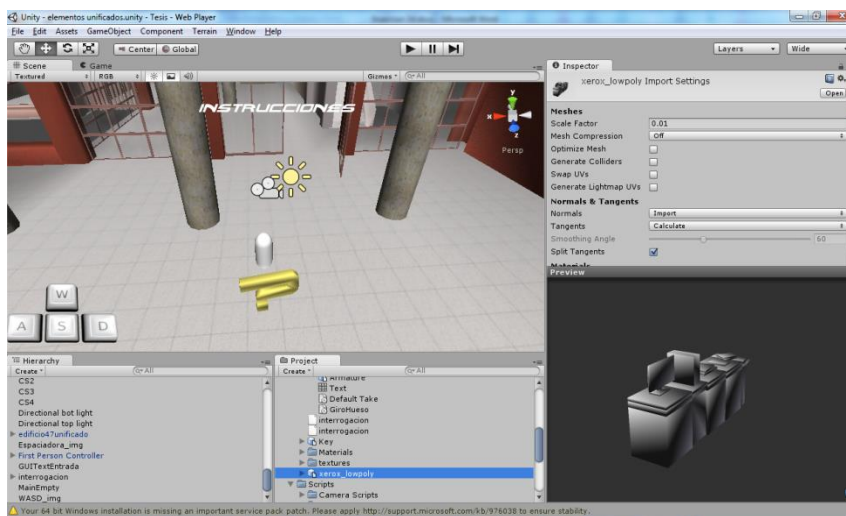


Imagen 59 Fotocopiadora agregada a Unity

Al abrir Unity3D, actualiza automáticamente el contenido de los assets, o si por contrario está abierto, al seleccionarla ventana de Unity nuevamente, se actualizan los datos de los assets. Cómo se puede observar en la ilustración 59, se ha agregado el modelo a Unity. Sin embargo ha perdido las texturas, esto se debe a que las imágenes texturas no se encuentran dentro del proyecto y por tanto, se perdieron las referencias.

A diferencia de Blender, Unity no trabaja los materiales incrustados en los objetos, sino que los representa como un objeto diferente en los recursos del proyecto. La ilustración 60 muestra en amarillo el recurso *xeroxblanco*, que es uno de los materiales usados en la *fotocopiadora* y en el inspector todos los materiales que usa el recurso *fotocopiadora*. Se puede pensar en los recursos de Unity como clases en un paradigma orientado a objetos.



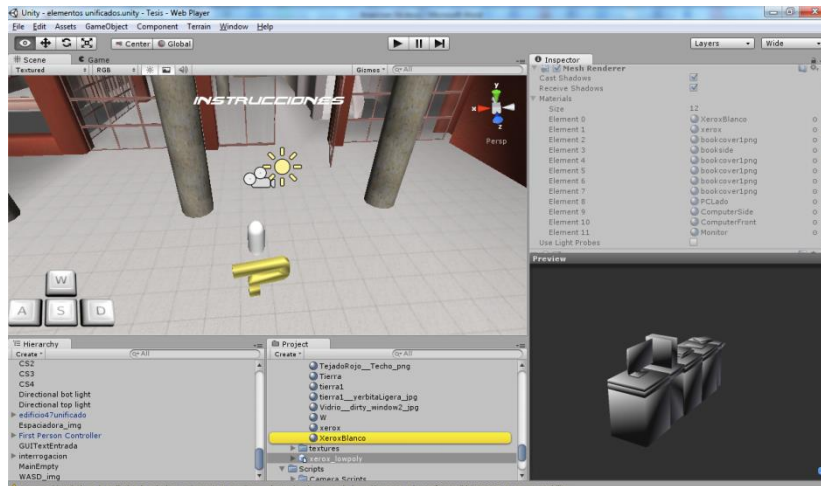


Imagen 60 Materiales de la fotocopiadora incrustados en el inspector

Al seleccionar el material "XeroxBlanco", se muestra el tipo de *shader* que utiliza y la imagen de textura correspondiente, a lo cual seleccionaremos la imagen utilizada en Blender (Ilustración 61).

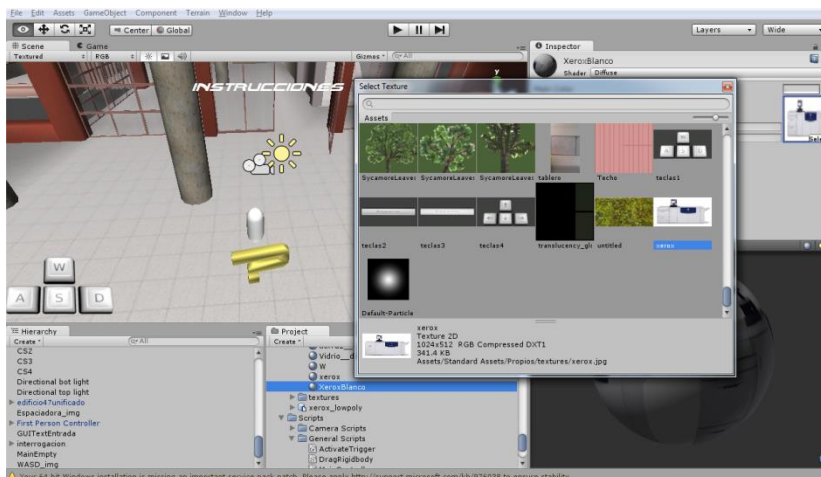


Imagen 61 Referencia de la textura al material

La imagen xerox.jpg debe haber sido copiada previamente en los assets de Unity, para que pueda aparecer como un elemento disponible a usar como textura. Este paso es necesario porque no es posible hacer el modelo en Blender y texturizar en Unity, porque el segundo no ofrece herramientas para posicionamiento de puntos UV. Basta con referenciar las imágenes nuevamente a cada material para redibujar la superficie del modelo (ilustración 62).

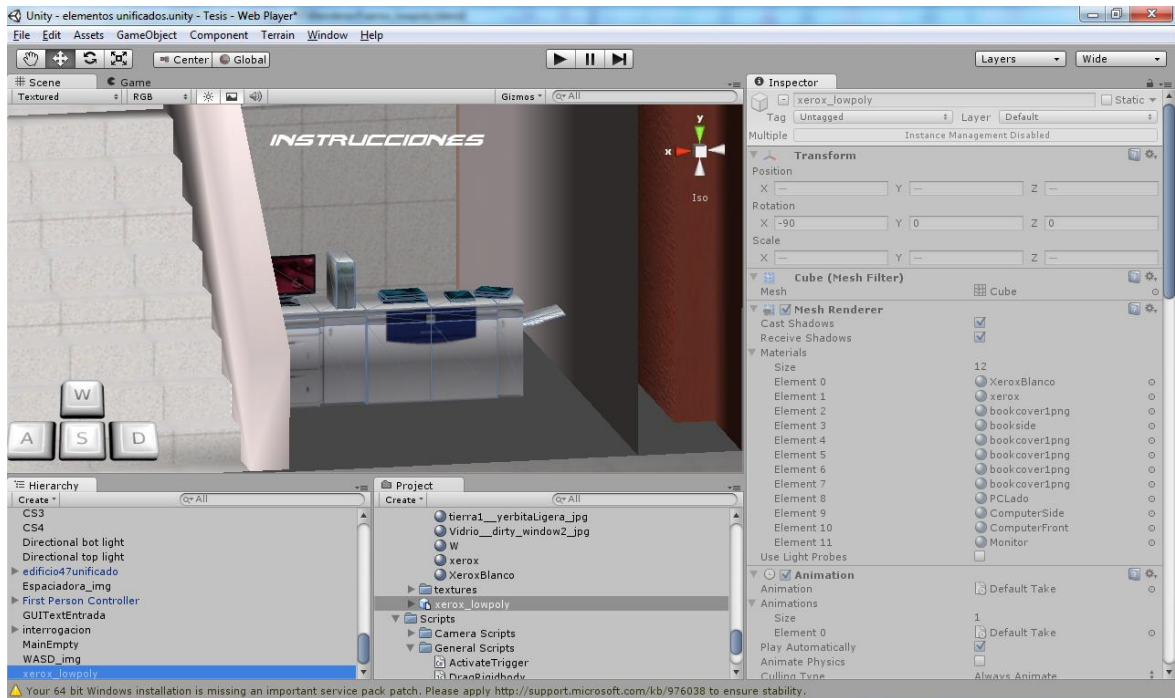


Imagen 62 Fotocopiadora en posición

## 7.2.5 Lógica

Para agregar los mensajes de posición que hay al entrar en los diferentes salones y áreas de la Universidad, se deben crear objetos invisibles que funcionen como disparadores de eventos, para desplegar un texto de interfaz de usuario, *GUItext*.

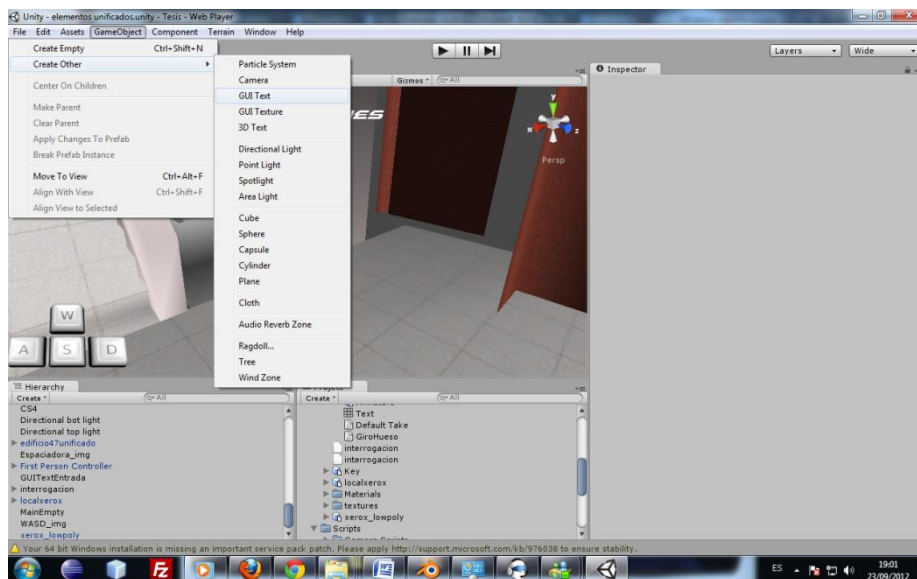


Imagen 63 Agregar GUIText



GUIText es otro objeto de juego que se agrega directamente del menú *GameObject*, desplegable *Create Other* y luego la opción *GUIText* (Ilustración 63).



Imagen 64 GUIText "Zona de fotocopias"

En la escena aparecerá en el centro el contenido del elemento nuevo agregado y en el inspector, las propiedades del elemento. Los elementos GUIText aparecerán sobre el Viewport del usuario sin importar su dirección de observación; en las opciones de transformación se puede editar la posición y escala del elemento.

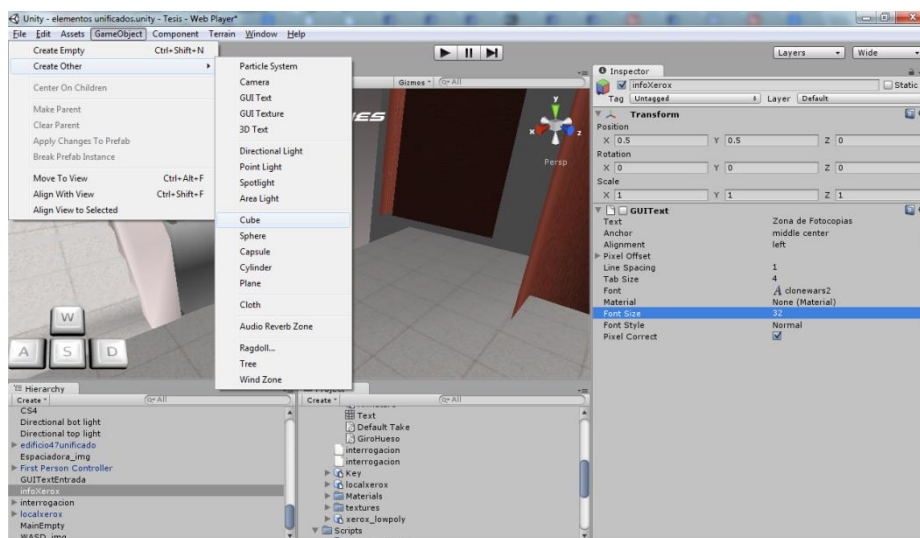


Imagen 65 Agregar cubo 1/2

Dentro de las opciones de GUIText en el inspector, el campo text edita el mensaje a mostrar; también tiene otras opciones como el tamaño de fuente, tipo de fuente, entre otros (Ilustración 64).

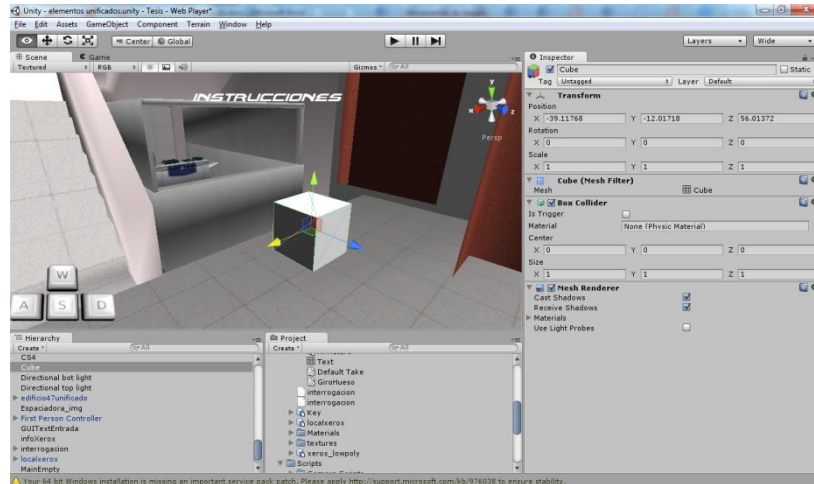


Imagen 66 Agregar cubo 2/2

Los elementos GUIText propios de Blender son los que al final le indicarán al usuario su ubicación en las instalaciones de la sede, esta funcionalidad específica dentro del entorno corresponden al libreto de juego debido a que entra en el género de videojuegos de exploración.

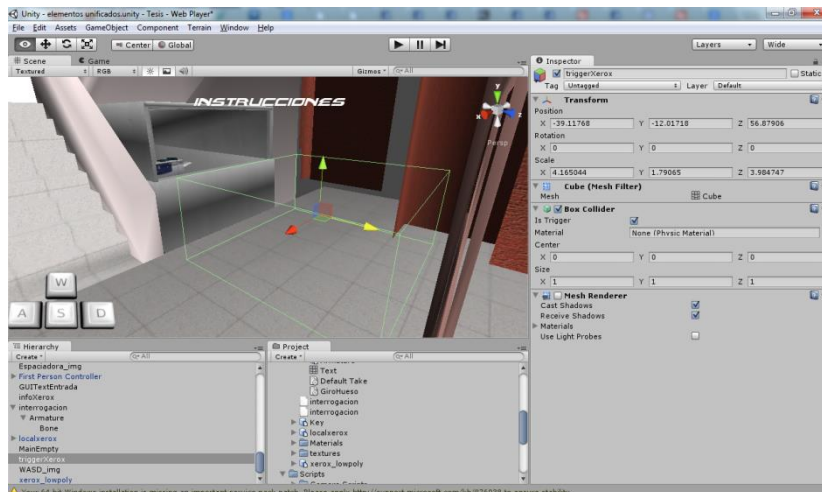


Imagen 67 Cubo después de activar "is trigger"

Además de esto, también agregaré al modelo 2 puntos de información en los cuales el participante podrá encontrar información ubicados de forma similar cuando se realizan los exámenes de admisión.

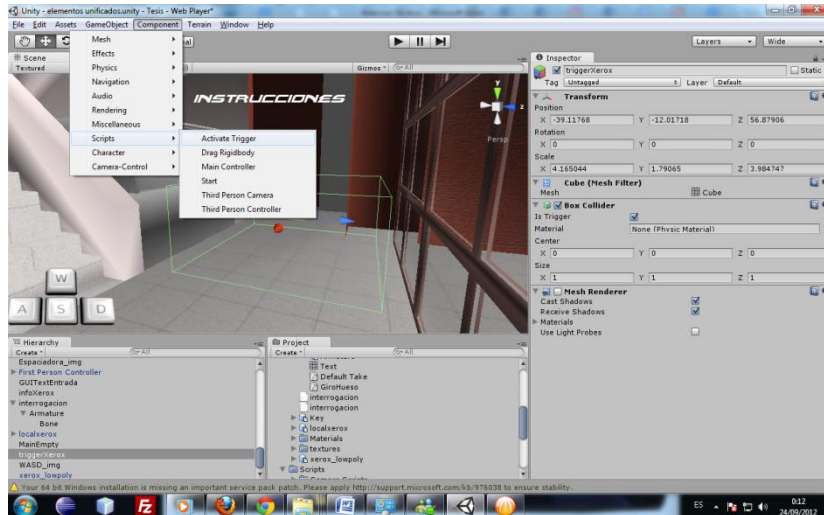


Imagen 68 Agregar "Activate trigger"

Se agrega un cubo a la escena (ilustración 65) que será utilizado como el disparador del evento cuando el usuario se acerca a la zona. El cubo tiene un componente agregado adicional en el inspector llamado *Box Collider*, el cual maneja el comportamiento de colisiones del objeto que lo contiene. Como este objeto será utilizado como disparador, en el box collider se activa la casilla *is trigger*.

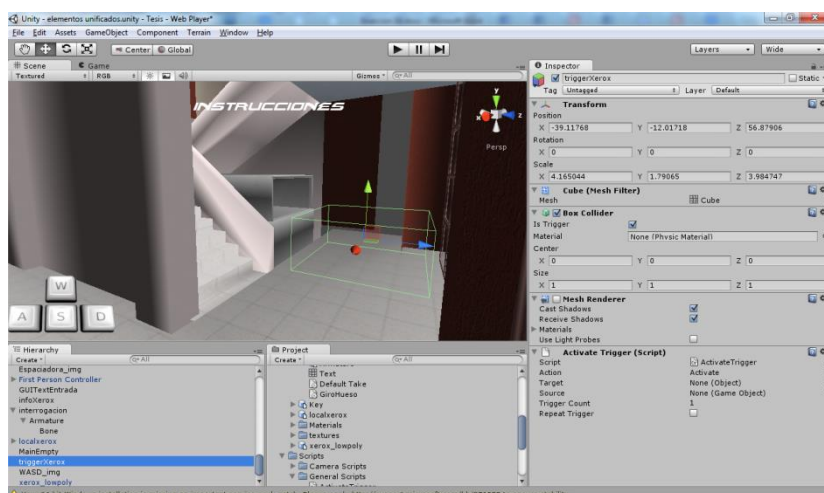


Imagen 69 Atributos del componente Activate Trigger en el inspector

Esto hará que el objeto sea "intangible" pero llamará ciertos métodos en la presencia de otro dentro del volumen que ocupa el cubo (ilustración 67).

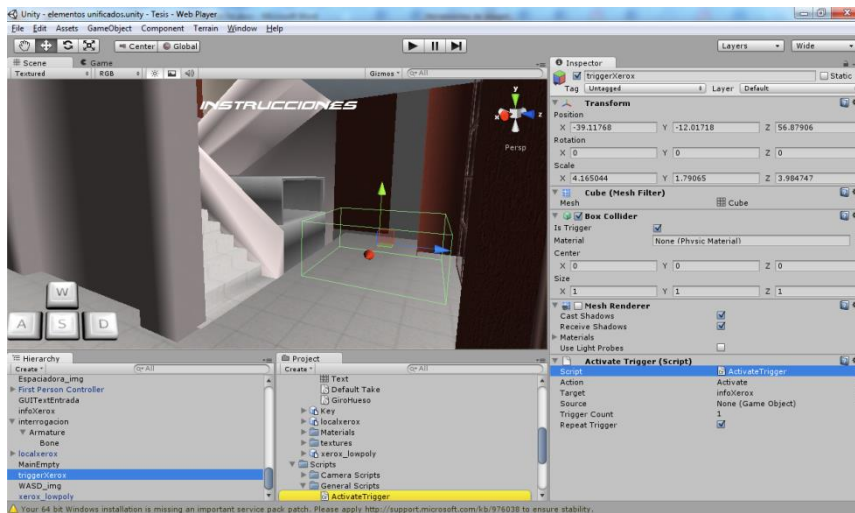


Imagen 70 Activate Trigger seleccionado en la ventana "Project"

A este objeto, se le debe adicionar la lógica de los métodos que serán llamados ante la presencia del usuario y activar el mensaje. Es un script llamado "Activate Trigger" (ilustración 68). El componente adicionado aparecerá en el inspector (ilustración 69), en el cual se deberá colocar como "Target" el GUIText "infoXerox" agregado anteriormente, que contiene el aviso que se mostrará en pantalla.

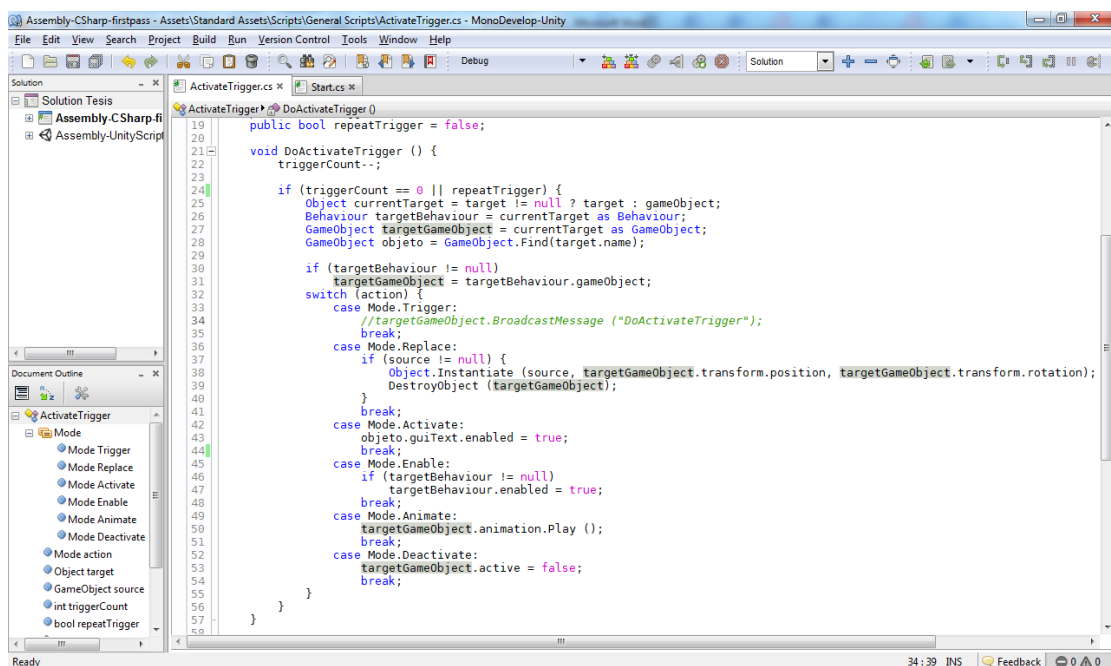


Imagen 71 Contenido "DoActivateTrigger"

El script original debe ser modificado para agregar el comportamiento adecuado, se abre haciendo doble clic en donde indica la selección azul en el inspector, o directamente en el árbol del proyecto indicado en amarillo en la ilustración 70.

El código desde la línea 1 hasta la línea 40 permanece sin modificar.

Al activarse el trigger, el motor de Unity busca la implementación del método *DoActivateTrigger*.

En la línea 25 (ilustración 71), es reconocer en el sistema cual es el target actual indicado previamente en el inspector, seguidamente el comportamiento y por último, crea un puntero al objeto (línea 28). Como el modo de funcionamiento del trigger seleccionado en el inspector es Activate, en ese caso (Línea 42) se llama al objeto target *infoXerox* y el valor *Active* desactivado en el inspector, se coloca en verdadero.

*OnTriggerEnter* (ilustración 71, línea 68) es un método que viene en el código original, se llama automáticamente por el motor de Unity al detectar un trigger y es un evento de entrada. *OnTriggerStay* (ilustración 72, línea 71) fue agregado usando la documentación oficial de Unity (Unity, 2012) como referencia; es llamado en cada momento de tiempo cuando la presencia del trigger se mantiene y se adicionó para mantener activo el mensaje en la pantalla del usuario. De no ser así, el contador del trigger podría afectarse, dejando el mensaje activado permanente o no activarse.

*OnTriggerExit* (ilustración 72, línea 77) fue otro método codificado siguiendo las reglas de documentación, el cual llama al método *enSalida* (Línea 59) dentro del script, para mantener el código limpio. La funcionalidad de *enSalida* permite desactivar el *GUIText infoXerox* cuando la presencia del usuario en el cubo trigger desaparece.

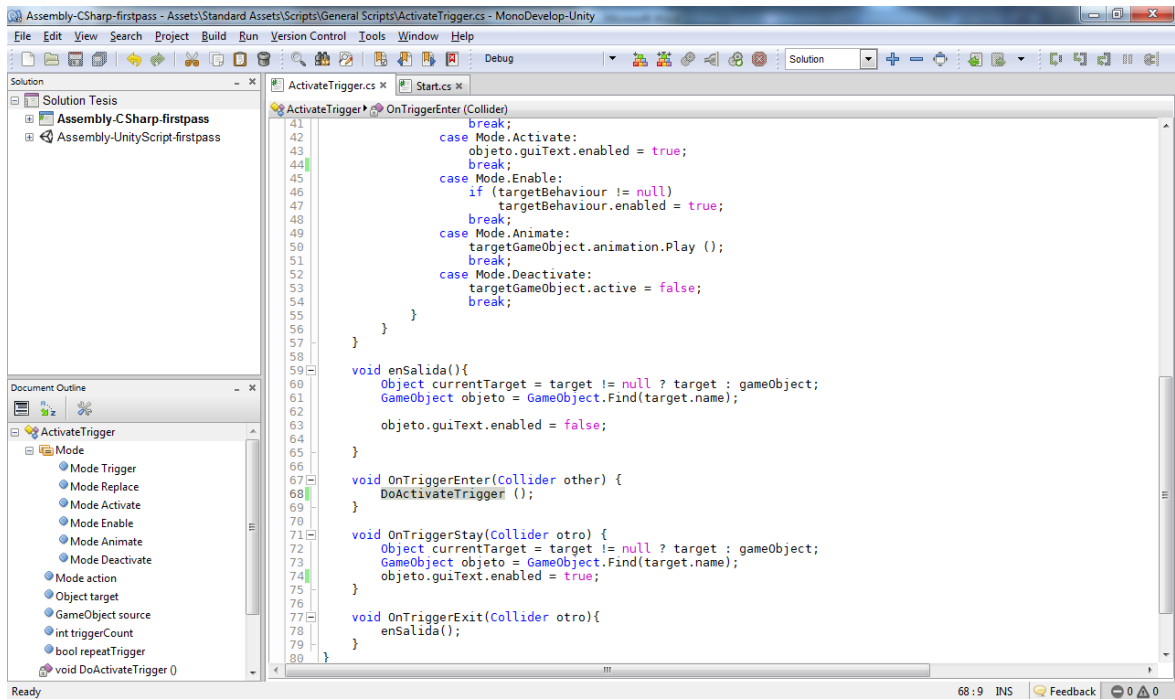


Imagen 72 OnTriggerEnter, OnTriggerStay, OnTriggerExit

### 7.3 Libreto del Juego

El libreto del juego está conformado por los distintos íconos flotantes que se encuentran diversos en el mapa con diferentes símbolos y mensajes.



Imagen 73 Icono de información general

Al ingresar a la aplicación, no es difícil observar varios de estos elementos rodeando al usuario. A la derecha del lugar inicial se encuentra de forma aislada y de tamaño notablemente incrementado el primer ícono, cuyo símbolo es una “i” de color verde y posarse en ella, muestra una leyenda en la cual indica al usuario, que los fines de la



herramienta son de reconocimiento y que utilice sus credenciales, para buscar su lugar de realización del examen.



**Imagen 74 Icono informativo del Lobby**

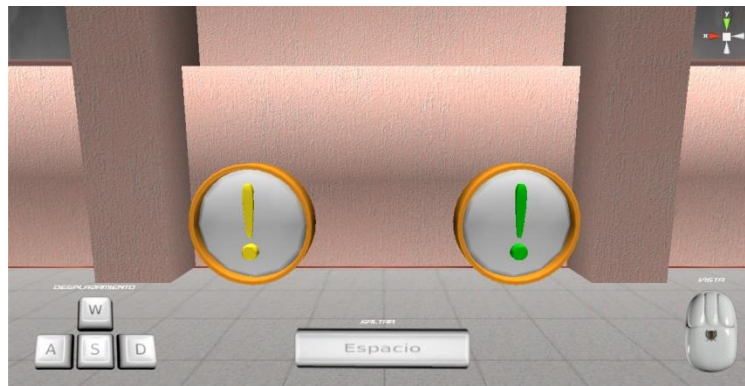
Adicionalmente da indicios sobre el lugar de las aulas de clase. También se han adicionado los puntos de información que se han hecho de forma histórica. Estos están representados en la forma de un escritorio con 2 sillas de madera, ubicados en el lobby de las instalaciones de la Piedra de Bolívar (ilustración 74), y otra de forma contigua a la entrada de la biblioteca (ilustración 75). Adicionalmente a estas estructuras se les ha adicionado un ícono descriptivo de tamaño normal, cuyo símbolo es una “i” de color azul.



**Imagen 75 Información en biblioteca**

Se crearon otros íconos cuyo símbolo es “!” para llamar la atención del usuario, estos poseen 3 colores: verde, amarillo y rojo. Los íconos con símbolo de color verde, simbolizan lugares sin restricción de acceso, puntos de interés común o recomendados

que sean de uso general y cotidiano; Los íconos con símbolo de color amarillo, contienen información en la cual se busca que el usuario se interese por tener en cuenta, por ejemplo la ubicación de la enfermería, fe de erratas de lugares de los cuales se conoce su existencia pero aún no han sido representados o puntos de acceso no muy típico como el caso de los subterráneos en el bloque C; Los íconos con símbolo de color rojo, indican lugares de potencial desconcierto para la persona que recorre la sede.



**Imagen 76 Íconos de color amarillo y verde**



**Imagen 77 Recomendado el No paso al coliseo para evitar desorientación por parte del observador**





Imagen 78 Recomendado el no paso a las oficinas para evitar desconcierto por parte del observador

## 7.4 Entorno Web

Una vez codificados los scripts, se termina la fase de desarrollo y procede el despliegue.

En el menú *File*, se ingresa en la opción *Build Settings* (ilustración 79); aquí se selecciona la plataforma en la cual se desea construir el proyecto final para su ejecución (ilustración 74). Se selecciona como plataforma de despliegue *Web Player* y luego clic en el botón *Build*. Esto generará una carpeta con toda la información necesaria para correr la aplicación en un servidor web.

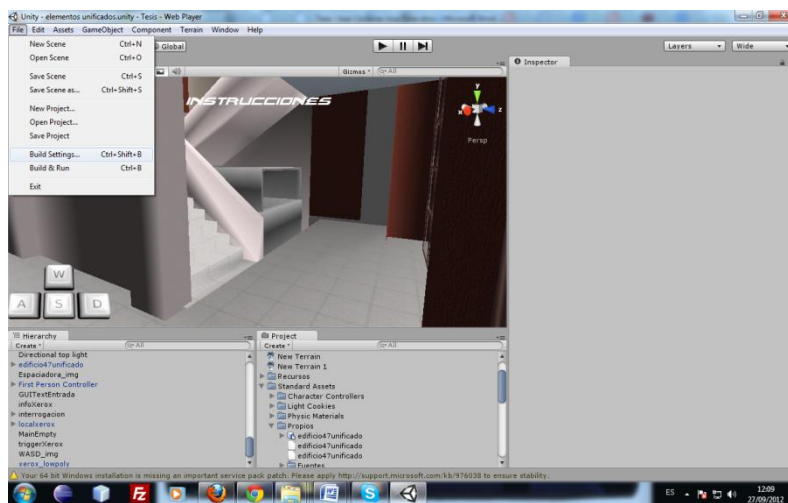


Imagen 79 Opción build settings

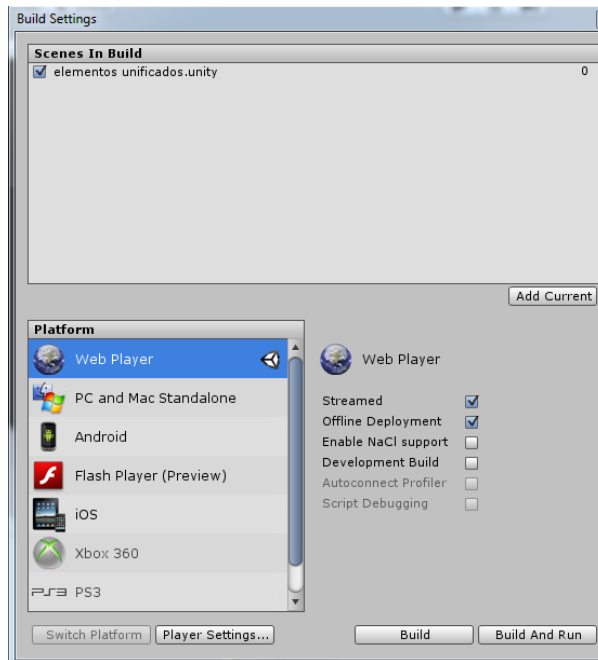


Imagen 80 Opciones de despliegue

## 7.5 Gestor de Preguntas

La plataforma web contiene 2 tipos de usuario: administrador y tutor.



Imagen 81 Portada gestor de preguntas

El tutor o docente, es un tipo de usuario, que únicamente puede hacer tareas relacionadas con las preguntas, como adicionar o eliminar preguntas. El administrador,

además de realizar las tareas relacionadas con el manejo de las preguntas, también es el encargado de crear, modificar o eliminar tutores de la plataforma.

## 7.6 Pruebas

Al final del desarrollo del prototipo, se realizaron varias pruebas de ejecución.

La primera prueba consistió en subir el proyecto a un servidor de carácter gratuito en la dirección <http://servicesmallcity.webege.com>. La versión PHP usada es 5.2 y la base de datos es MySQL 5.1, sin embargo debido a que la aplicación corre bajo su propia plataforma, la versión de PHP es irrelevante.

Durante esta etapa de pruebas, el proyecto permitía recorrer las estructuras que componen la sede Piedra de Bolívar, un ícono de ayuda para aprender a desplazarse desde el inicio y los íconos descriptivos que se encuentran desplegados en la sede digital. La funcionalidad de las preguntas aún no existe en este punto.

Seguidamente como parte del primer objetivo, fue la distribución entre una pequeña muestra de compañeros cercanos, para conocer la aceptación visual del modelo. Sin embargo, los resultados generaron tanto entusiasmo entre los que conocen la sede real comparada con la versión digital, que se convirtió en un Meme.



Imagen 82 Meme del proyecto. Autor: Carlos Bermúdez

De estas pruebas, se encontró resultados positivos sobre la apariencia visual de la versión digital de la sede Piedra de Bolívar.

Adicionalmente se encontró que uno de los cubos de colisión que evitaba que la gente se saliera del entorno hasta el infinito, bloqueaba el acceso al segundo piso desde el bloque C.

Las pruebas siguientes se hicieron entorno al soporte de preguntas en el cliente. En esta versión del software, se incluyeron íconos en cada salón, que muestran en pantalla preguntas de opción múltiple con única respuesta.

En los videos anexos se indicó a los usuarios, desplazarse a un salón dado y seguidamente, contestar la pregunta que le aparecería en pantalla, tarea que fue a cabo satisfactoriamente. Los usuarios retroalimentaron de forma general, incomodidad a la hora de contestar la pregunta, debido a que al mover el puntero para seleccionar la respuesta correcta, la cámara seguía activa y en movimiento, lo que causaba desorientación.

Realizadas las debidas correcciones retroalimentadas, se realizó una nueva prueba en la cual, no hubo observaciones.

## 8. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### 8.1 Resultados

Durante el desarrollo del modelo de la infraestructura física, se controló la cantidad de vértices que se generaban para mantener una baja cantidad y poder ejecutar de forma eficiente el proyecto en el despliegue. El conteo indicado es de 24 mil vértices, lo cual lo categoriza como un modelo de bajo poligonado. Sin embargo al recibir el mismo modelo en Unity, registró un conteo superior a los 65535 vértices, dividiendo el Mesh del objeto en dos partes. Esto no afecta en el aspecto visual, pero esta anomalía genera una carga de video.

Debido a la cantidad de vértices que posee el modelo original en Blender, se produjo un error de conteo de vértices en la herramienta Unity; es probable que el error fuese causado por el script de exportación de Blender y no en el lado de Unity.

El resultado final posee ciertas irregularidades de luz. Esto se debe a que en el Pipeline de trabajo, no se percataron las existencias de las técnicas de *Shading*, *Lighting* y *Mapas de Normales*, para el desarrollo de un ambiente tridimensional. Los mapas de normales son imágenes que se obtienen a partir de un modelo de alto poligonado, cuya información es una escala de tonos que representa valles o crestas sobre una superficie; esta información de profundidad es analizada directamente por el motor OpenGL y da efectos de profundidad sobre planos. Las técnicas mencionadas anteriormente son especialidades de la profesión Modelado y Animación 3D, las carencias que puede tener el proyecto pueden ser apreciadas por personas expertas en el tema y no limita o reduce la funcionalidad ni la eficacia en los objetivos del proyecto.

Durante el aprendizaje de estas técnicas, se realizaron las siguientes actividades de apropiación del conocimiento: Se colaboró con un trabajo de grado de implementación de realidad aumentada bajo la tutoría del semillero Intelligence Future desarrollada por David Lorett y Taidy Marrugo en la parte del modelado de los elementos desplegados. Se participó en el semillero de investigación E.D.G.E.S. en el cual también se incentivó y se educó a otros compañeros en la técnica de modelado 3D aprendidas a la fecha y se impartió clases de modelado 3D básico bajo la tutoría del semillero E.D.G.E.S.

Estudiantes que participaron en los cursos de modelado 3D, ahora participan en proyectos que utilizan tecnologías 3D en la Universidad de Cartagena, usando herramientas de software libre, entre ellas Blender, fomentando a la investigación de un área que actualmente, está incluida en el pensum pero no hay personal capacitado para su dirección y que puede ser de gran utilidad para las investigaciones relacionadas con computación gráfica.

Además de lo anteriormente expuesto, este trabajo de grado contribuyó con procesos de desarrollo de otros trabajos de grado que se desarrollan actualmente, dentro de estos “DESARROLLO DE OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE PARA LA ANATOMÍA DE LAS ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE LOS ÓRGANOS DENTARIOS EN LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA”, el cual está siendo adelantado por los estudiantes Abel Pomares Agámez y José Betín Díaz. Otros proyectos involucrados en este proceso tecnológico son los realizados por los estudiantes Juan Rafael Méndez M y Andrés Heredia con el proyecto DESARROLLO DE OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE DEL SISTEMA DE INERVACIÓN Y VASCULARIZACIÓN DE LOS ÓRGANOS DENTARIOS, y el proyecto DESARROLLO DE OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE PARA EL ESTUDIO DE LA ANATOMÍA DE ÓRGANOS DENTALES EN LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA. Adelantado por los estudiantes José Bohórquez Aguilar y César Andrés Velásquez M.

Se diferencia de la composición de imágenes digitales porque la realidad aumentada incluye la interacción en tiempo real de objetos virtuales sobre elementos de la realidad, vistos a través de una cámara. Estudiar esta rama no es posible sin tener los conocimientos básicos sobre el manejo de objetos 3D.

El desarrollo de una plataforma virtual, es una tarea interdisciplinaria bastante compleja, en la cual participan artistas 2D, artistas 3D, programadores y diferentes especializaciones afines.

El paradigma manejado en el desarrollo de videojuegos, está orientado a la programación paralela, pues tiene un enfoque sobre los comportamientos que rodean el entorno, incluyendo al usuario.

Es necesario investigar a fondo sobre las técnicas de mapas de normales, sombreado de objetos e iluminación de escenarios; son las técnicas que se están utilizando actualmente en el mercado CGI *Computer Generated Images* para alcanzar detalles capaces de engañar al ojo humano entre lo real y lo virtual.

El desarrollo de una estructura tan grande, genera un alto grado de complejidad a la hora del desarrollo y exportación de los modelos de una herramienta a la otra.

## **8.2 Conclusiones**

Dentro de los objetivos del proyecto, se obtuvo satisfactoriamente un entorno simulado que permite recorrer en una versión digital tridimensional, la sede Piedra de Bolívar de la Universidad de Cartagena, con la finalidad de familiarizar a los aspirantes la forma en la cual se distribuyen las aulas de la institución.

Con la ayuda del motor de videojuegos Unity3D, es posible acceder a esta modelo desde un navegador web, proporcionando una vía para facilitar el acceso a la comunidad en general a través del internet.

La característica de preparar a los aspirantes para el examen de admisión, fue instanciada con la realización de una plataforma adicional que almacena preguntas, mostradas en pantalla accediendo a ciertos íconos dentro del juego.

Los resultados de este proyecto, promovieron la investigación y desarrollo de más proyectos relacionados con los entornos virtuales y ambientes tridimensionales. Se abrió la posibilidad de desarrollar proyectos más avanzados de este tipo, debido a que el curso ofrecido no tiene ningún prerrequisito. Los estudiantes continúan avanzando en el campo de forma autodidacta, y hubo un incremento estudiantil en los semilleros de investigación “Desarrollo de Videojuegos” y “E.D.G.E.S” que registraban baja actividad.

Las pruebas revelaron en su momento algunas falencias de omisión relacionadas con la interactividad con el usuario.

Durante la interacción en la sección de preguntas, se encontró que aunque el sistema informaba de los casos de éxito la selección de la respuesta correcta, cuando el usuario no contestaba correctamente, el sistema no señalaba el error, lo que generaba desconcierto en el uso.

Adicionalmente las pruebas fueron de gran ayuda para encontrar algunos abismos en las zonas en las cuales no se encuentra terreno visible.

A todos los examinados se les preguntó si percibían irregularidades en la iluminación del mapa, sin embargo no hubo comentarios negativos al respecto, lo que corrobora que la no implementación de las técnicas de *Shadow and Lighting*, no son de fácil percepción a los usuarios no expertos en el ámbito gráfico.



## 9. RECOMENDACIONES

Una vez finalizado el trabajo de grado ENTORNO SIMULADO DE LA REALIZACIÓN DE EXÁMENES DE INGRESO A LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA – SEDE PIEDRA DE BOLÍVAR, y reflexionar sobre los procesos tanto de investigación como de desarrollo, y el impacto del mismo se proponen unas pautas o recomendaciones para el enriquecimiento y fortalecimiento del proyecto a futuro, entre las cuales se destacan las siguientes.

1. La dependencia encargada de suministrar los planos de las distintas sedes de la Universidad de Cartagena, debería contar con estos planos actualizados y lo más detallados posibles para que las personas que quieran continuar el proyecto puedan tener la información precisa y el resultado pueda estar más cercano a la realidad y obtener al final un macro proyecto muy completo y moderno, que pueda ser implementado y cumpla con la calidad exigida y esperada por los usuarios finales.
2. Para futuros desarrollos sería interesante poder agregar algunas funcionalidades extras al modelo como: Mejorar la interfaz y la interacción con el usuario para contestar las preguntas; Chats online con avatares, que de una u otra manera representen a esa persona que entra en esa nueva realidad virtual. Lo cual hará mucho más accesible y llamativo para cualquier tipo de usuario.
3. Además de lo anteriormente expuesto sería bueno ampliar la cobertura de impacto del desarrollo de este tipo de proyecto, recreando las instalaciones universitarias en Second Life para dar a conocer la institución en muchos más lugares del mundo. Aunque debido a que esta plataforma ha sido creada en mayor parte por sus usuarios, esta opción no tiene una curva de aprendizaje rápida, especialmente para aquellas personas que no están acostumbradas al manejo de los computadores. Reconstruir la Universidad en Second Life, requiere invertir dinero para comprar los materiales para su construcción, tal y como se haría en la vida real.

Recomendaciones sobre el proceso de desarrollo en cuanto a procesos técnicos de diseño.

1. Se debería investigar más a fondo los aspectos del Box Modelling; ya que este concepto nos orienta a siempre hacer volúmenes cerrados, puesto que dejar aperturas puede generar problemas de sombreado, especialmente al integrar las plataformas de Unity.
2. Existen diferentes técnicas para el manejo de texturas, pero es necesario estudiar el manejo de eliminación de costuras de texturas. Por lo cual sería ideal conocer varias técnicas con el fin de evitar estas costuras en las diferentes texturas que se puedan tener en el modelo.
3. El personal de diseño debería saber manejar la iluminación cinematográfica de Luz clave, luz de fondo y luz trasera. Tener unos buenos conocimientos de proporciones y no ahorrar en detalles, y así poder garantizar una mejor visibilidad del modelo en el momento de la implementación del mismo.

Recomendaciones en el manejo de la base de datos de preguntas.

1. Para un óptimo crecimiento de la base de preguntas, se recomienda establecer un protocolo en el cual, semestral, mensual o por cada corte parcial, el personal encargado en la Universidad de Cartagena ingresen a la plataforma al menos 1 pregunta adicional, de las nuevas preguntas que se incorporan al examen de admisión cada semestre.
2. En lo posible sería ideal nunca borrar preguntas desde la plataforma. Esto puede causar corrupción de datos a la hora de generar las preguntas aleatoriamente y actualmente la única forma de corregir este acontecimientos es actualizando directamente los valores en la base de datos.

Investigar a fondo los aspectos del Box Modelling; siempre se deben hacer volúmenes cerrados, puesto que dejar aperturas puede generar problemas de sombreado, especialmente en Unity.

Existen diferentes técnicas para el manejo de texturas, pero es necesario estudiar el manejo de eliminación de costuras de texturas. Cuando el área que ocupa una cara dentro de un volumen 3D es superior al área de una imagen, la imagen se repite. Si la imagen no está correctamente tratada para que la información sea continua.

Aprender a manejar la iluminación cinematográfica de Luz clave, luz de fondo y luz trasera. Tener unos buenos conocimientos de proporciones y no ahorrar en detalles.

En cuanto al desarrollo del proyecto y su posterior ampliación sería bueno que la Universidad de Cartagena realizara los estudios con el fin de obtener los planos arquitectónicos de la sede Piedra de Bolívar con las últimas mejoras hechas a la sede, de igual manera que a las diferentes sedes de esta institución, esto para facilitar y optimizar el trabajo futuro de los estudiantes en la realización de las diferentes sedes y obtener al final un macro proyecto muy completo y moderno, que pueda ser implementado y cumpla con la calidad exigida y esperada por los usuarios finales.

Para futuros desarrollos se pueden agregar algunas funcionalidades: Mejorar la interfaz y la interacción con el usuario para contestar las preguntas; Chats online con avatares, que de una u otra manera representen a esa persona que entra en esa nueva realidad virtual. Lo cual hará este proyecto mucho más accesible y llamativo para cualquier tipo de usuario, es decir, sin importar la edad, el sexo o la raza, el proyecto debe ser aceptado por todo público.

Una forma de ampliar la cobertura del impacto del desarrollo de este tipo de proyecto, sería recreando las instalaciones universitarias en Second Life, que es un popular juego en la internet debido a que ha sido creada en mayor parte por sus usuarios, pero esta opción no tiene una curva de aprendizaje rápida, especialmente para aquellas personas que no están acostumbradas al manejo de los computadores, porque a pesar de ser un juego, su cantidad de funcionalidades es enorme. Reconstruir la Universidad en Second Life, requiere invertir dinero para comprar los materiales para su construcción, tal y como se haría en la vida real.

Para un óptimo crecimiento de la base de preguntas, se recomienda establecer un protocolo en el cual, semestral, mensual o por cada corte parcial, los docentes de la Universidad de Cartagena ingresen a la plataforma al menos 1 pregunta, dependiendo de la velocidad de crecimiento necesaria.