



Universidad Nacional  
Autónoma De México

Facultad de ingeniería

Proyecto Reconstrucción

Materia: Laboratorio de computación Gráfica

Grupo: 09

Integrantes: Lopez Flores Diego Alberto

Cruz Cruz Lizbeth

No. Cuenta: 315081143

318114259

Profesor:Luis Sergio Valencia Castro

Semestre: 2024-1

Fecha Entrega:12/05/2025



<b>Requisitos del sistema.....</b>	<b>5</b>
<b>Instalación y ejecución.....</b>	<b>6</b>
Estructura general del proyecto.....	6
Requisitos previos.....	6
Descarga y preparación del proyecto.....	7
Configuración del entorno en Visual Studio.....	7
Compilación del proyecto.....	8
Ejecución de la aplicación.....	8
Configuración alternativa (si no se usa Visual Studio).....	9
Verificación de instalación correcta.....	10
<b>Guía de uso.....</b>	<b>10</b>
Descripción general del entorno virtual.....	10
Controles básicos de navegación.....	11
Posicionamiento rápido mediante teclas.....	11
Control de sonido.....	12
Elementos interactivos y animaciones.....	12
<b>Información del cronograma de actividades y división de las actividades.....</b>	<b>13</b>
• Investigación y diseño.....	13
• Modelado 3D.....	14
• Texturizado y optimización gráfica.....	14
• Animaciones y navegación interactiva.....	14
• Integración de audio y pruebas funcionales.....	15
• Documentación y entrega final.....	15
<b>Estudio Técnico para Determinar el Costo de la Aplicación.....</b>	<b>15</b>
1. Tiempo de desarrollo y mano de obra.....	15
2. Compra y/o creación de modelos y texturas.....	16
3. Herramientas y licencias de software.....	16
4. Total de inversión estimada.....	16
5. Justificación del costo.....	17
6. Valor de mercado estimado.....	17
<b>Description of Activities (individual).....</b>	<b>17</b>
○ Research and Design.....	18
○ 3D Modeling.....	18
○ Texturing and Graphic Optimization.....	18
Animaciones.....	22



Audio.....	22
Control de cámara.....	23
Interacción con el usuario.....	23
Eficiencia técnica y rendimiento.....	24
Integración técnica.....	24
<b>Bibliografía.....</b>	<b>25</b>



## **RECORRIDO VIRTUAL DEL EDIFICIO Q DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA (UNAM)**

El presente documento forma parte del entregable del proyecto final correspondiente a la asignatura de Computación Gráfica e Interacción Humano–Computadora del semestre 2025-2, impartida en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Este proyecto tiene como objetivo fundamental que el estudiante aplique de manera integral los conocimientos adquiridos durante el semestre en un desarrollo gráfico funcional, técnico y estéticamente estructurado.

Bajo este enfoque, se planteó como reto el diseño y construcción de una aplicación interactiva en 3D que permita realizar un recorrido virtual por el segundo piso del Edificio Q de la Facultad de Ingeniería, el cual alberga diversos laboratorios especializados, entre ellos el de Computación Gráfica, CISCO, e Inteligencia Artificial Microsoft. Además de la ambientación interna, el proyecto incluye la reconstrucción externa de dichos espacios y la fachada general del edificio.

A lo largo del desarrollo del proyecto se incorporaron diversas técnicas propias de la computación gráfica, como el modelado geométrico y jerárquico, texturizado de superficies, implementación de animaciones complejas (incluyendo al menos una mediante KeyFrames), manejo de cámara sintética, y la integración de una biblioteca de audio para complementar la ambientación virtual. Estas técnicas fueron implementadas utilizando herramientas de desarrollo como Visual Studio, junto con las bibliotecas OpenGL, GLFW y otras auxiliares.

El proyecto no solo busca lograr un entorno visualmente atractivo, sino también una experiencia interactiva realista y fluida. El usuario puede desplazarse por el escenario mediante controles de teclado y ratón, cambiar la perspectiva a ubicaciones predeterminadas clave del edificio, y disfrutar de una navegación intuitiva acompañada de música de fondo. Desde una perspectiva organizacional y profesional, el desarrollo del proyecto implicó una planeación detallada a través del uso de herramientas colaborativas como Trello, GitHub y metodologías ágiles de división de tareas. Esto permitió a los integrantes del equipo dividir responsabilidades, llevar un control eficiente de tiempos, y fomentar una comunicación efectiva a lo largo de todas las etapas del desarrollo.

Adicionalmente, el entregable incluye un análisis económico-técnico sobre los costos aproximados que implicaría comercializar esta aplicación, tomando en cuenta el tiempo invertido, recursos utilizados y herramientas implementadas. También se presenta una



reflexión individual por parte de cada integrante del equipo (en idioma inglés) en la cual se describen sus contribuciones específicas y aprendizajes obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

Este documento cumple con los criterios de evaluación establecidos por el profesor responsable y ofrece una guía completa tanto para el uso como para la comprensión técnica del funcionamiento interno de la aplicación desarrollada. Su objetivo es garantizar que cualquier persona, con conocimientos básicos del entorno de desarrollo, pueda compilar, ejecutar y manipular el sistema sin requerir asistencia directa del equipo desarrollador.

Desarrollar un recorrido virtual interactivo del Edificio Q de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, aplicando técnicas de modelado geométrico, jerárquico y texturizado, así como animaciones complejas y navegación mediante cámara sintética. El proyecto busca demostrar las habilidades adquiridas en computación gráfica y trabajo en equipo, cumpliendo con los requerimientos técnicos y creativos establecidos.

#### Objetivos del Proyecto

➤ Reconstrucción Virtual:

- Modelar el segundo piso del Edificio Q, incluyendo los laboratorios de CISCO y Computación Gráfica, así como la fachada exterior.
- Texturas y decoraciones que incorporan referencias a la franquicia.
- Posibles interacciones con ciertos modelos mediante animaciones o efectos visuales.

#### Requisitos del sistema

Componente	Requisito Mínimo	Requisito Recomendado
Procesador (CPU)	Intel Core i3 (2.4 GHz) o equivalente	Intel Core i5/i7 (3.0 GHz o superior)
Memoria RAM	4 GB	8 GB o más
Tarjeta Gráfica (GPU)	Integrada compatible con OpenGL 3.3	Dedicada (NVIDIA/AMD) compatible con OpenGL 4.5
Almacenamiento	500 MB disponibles	1 GB disponibles en disco SSD



Resolución de pantalla	1280x720 (HD)	1920x1080 (Full HD) o superior
Periféricos	Teclado y mouse	Teclado, mouse, pantalla externa opcional
Audio	Altavoces o audífonos	Altavoces con sonido estéreo

## Instalación y ejecución

### Estructura general del proyecto

El proyecto está organizado en una estructura de carpetas que debe **mantenerse intacta** para asegurar que todos los recursos se carguen correctamente:

```
ProyectoFinal/  
├─ bin/                → Ejecutable final y librerías necesarias  
├─ src/                → Archivos fuente del proyecto (main.cpp, etc.)  
├─ modelos/           → Archivos .obj y .mtl utilizados en el escenario  
├─ texturas/          → Imágenes usadas como texturas (.jpg, .png)  
├─ audio/             → Música de fondo o sonidos del entorno  
├─ shaders/           → Archivos de sombreado en GLSL (vertex/fragment)  
├─ libs/              → Bibliotecas externas (GLFW, GLEW, irrKlang)  
├─ ProyectoFinal.sln  → Solución de Visual Studio  
├─ README.txt         → Instrucciones generales  
└─ Manual_de_Usuario.pdf → Este documento
```

**Importante:** Todas las rutas a recursos en el código son **relativas**, por lo que cambiar la ubicación de carpetas romperá la carga de texturas, modelos o sonidos.

## Requisitos previos

### Instalación de Visual Studio 2022

1. Descarga el instalador desde: <https://visualstudio.microsoft.com/>
2. Durante la instalación, selecciona al menos los siguientes **workloads**:
  - **Desarrollo de escritorio con C++**



- **CMake tools para Windows** (opcional)
- 3. Una vez instalado, reinicia tu equipo para completar la configuración.

### Instalación de redistribuibles de C++

- Asegúrate de tener instaladas las **Microsoft Visual C++ Redistributable Libraries** (x64).
- Si no están instaladas, puedes obtenerlas desde:  
<https://learn.microsoft.com/es-es/cpp/windows/latest-supported-vc-redist>

## Descarga y preparación del proyecto

1. Clona o descarga el repositorio del proyecto en tu equipo.
2. Asegúrate de descomprimir el archivo .zip (si aplica) respetando la estructura original.
3. Evita carpetas con nombres que contengan espacios o caracteres especiales.

## Configuración del entorno en Visual Studio

### Abrir el proyecto

1. Abre **Visual Studio 2022**.
2. Selecciona **Archivo > Abrir > Proyecto o solución**.
3. Busca y abre ProyectoFinal.sln.

### Configurar compilación

- En la barra superior:
  - Plataforma: selecciona **x64**.
  - Configuración: selecciona **Release** (o Debug para pruebas).

### Verificar rutas de bibliotecas

1. Haz clic derecho en el proyecto → **Properties**.
2. En **VC++ Directories**:



- Include Directories: asegúrate de incluir libs/glfw/include, libs/glew/include, libs/irrKlang/include
- Library Directories: agrega libs/glfw/lib, libs/glew/lib, libs/irrKlang/lib
- 3. En **Linker > Input > Additional Dependencies**, agrega:
  - glew32s.lib
  - glfw3.lib
  - irrKlang.lib
- 4. En la pestaña **C/C++ > Preprocessor**, añade las macros necesarias:
  - GLEW\_STATIC

## Compilación del proyecto

1. Presiona **Ctrl + Shift + B** para compilar todo el proyecto.
2. Espera que Visual Studio termine el proceso sin errores.
3. El archivo ejecutable se generará en:

```
/x64/Release/RecorridoEdificioQ.exe
```

Si la compilación fue exitosa, puedes pasar a ejecutar directamente desde el entorno o de forma independiente.

## Ejecución de la aplicación

### Opción A: Desde Visual Studio

1. Con la configuración en **Release** seleccionada, presiona **F5** o **Ctrl + F5** para ejecutar.
2. La ventana del recorrido virtual se abrirá si todas las dependencias están presentes.

### Opción B: Desde archivo ejecutable

1. Ve a la carpeta `/bin/` o `/x64/Release/` según corresponda.
2. Verifica que estén presentes:
  - RecorridoEdificioQ.exe
  - irrKlang.dll, glew32.dll, etc.





- Carpetas texturas/, modelos/, audio/, shaders/
- 3. Haz doble clic en el .exe para ejecutar la aplicación.

## Configuración alternativa (si no se usa Visual Studio)

Para usuarios avanzados que prefieren usar herramientas como **CMake**, se proporciona un archivo CMakeLists.txt básico (si se incluye en el proyecto). Deben seguir los siguientes pasos:

1. Instala **CMake** desde: <https://cmake.org/download/>
2. Desde terminal o consola, ejecuta:

```
mkdir build
cd build
cmake ..
cmake --build .
```

3. Ejecuta el archivo generado (RecorridoEdificioQ.exe)

## Errores comunes y soluciones

Error	Causa probable	Solución recomendada
Missing DLL: irrKlang.dll	Falta de la biblioteca en carpeta bin/	Copiar .dll a la misma carpeta del ejecutable
Texture not found / modelo no cargado	Ruta relativa rota	Reubicar carpeta texturas/ o modelos/ correctamente
Cannot open include file: 'GL/glew.h'	GLEW no incluido correctamente	Verificar rutas en VC++ Directories
Aplicación se cierra al iniciar	Fallo en la inicialización de OpenGL o GLFW	Revisión de funciones glfwInit(), glewInit()



No hay sonido	Archivos .mp3 o .wav mal nombrados	Revisar nombres, extensiones y ubicación
Se escucha música pero no hay visualización	Shaders mal cargados o mal ubicados	Verificar carpeta /shaders y archivos GLSL

## Verificación de instalación correcta

Para confirmar que la aplicación está correctamente instalada y funcionando, verifica lo siguiente tras ejecutar el programa:

- Se abre una ventana con vista frontal del edificio Q.
- La cámara se puede mover libremente.
- Las texturas se cargan sin errores.
- Al menos cinco animaciones complejas están presentes.
- La música de fondo inicia automáticamente.
- Se puede cambiar la vista con las teclas 1, 2, 3, 4.

## Guía de uso

### Descripción general del entorno virtual

Al iniciar la aplicación, el usuario accede a un **escenario tridimensional interactivo** que representa el segundo piso del **Edificio Q de la Facultad de Ingeniería (UNAM)**, incluyendo:

- Fachada frontal del edificio.
- Reconstrucción detallada de los laboratorios:
  - Laboratorio de Computación Gráfica.
  - Laboratorio CISCO (Aula híbrida).
  - Laboratorio de Inteligencia Artificial Microsoft.
- Pasillos, puertas, señalética y mobiliario de contexto.
- Iluminación ambiental estática y texturizado realista.



- Animaciones dinámicas representando elementos interactivos del entorno.
- Música ambiental de fondo.

## Controles básicos de navegación

El proyecto cuenta con un **sistema de cámara sintética** y un **sistema de entrada por teclado y ratón**, los cuales permiten una navegación fluida e intuitiva por el entorno.

### Teclado (movimiento)

Tecla	Acción
W	Avanzar hacia adelante
S	Retroceder
A	Moverse hacia la izquierda (lateral)
D	Moverse hacia la derecha (lateral)
Espacio	Subir la cámara (eje Y positivo)
Shift	Bajar la cámara (eje Y negativo)

### Ratón (orientación)

- **Movimiento del mouse:** Gira la cámara (vista en primera persona).
- **Scroll del mouse:** Zoom (adelanta o aleja la cámara en la dirección actual).
- **Clic izquierdo:** (Opcional) Puede ser usado para activar interacciones futuras (según implementación).

## Posicionamiento rápido mediante teclas

Se han definido atajos para ubicar la cámara en **puntos estratégicos del recorrido virtual**, facilitando el acceso directo a zonas importantes del modelo:



Tecla	Vista activada
1	Vista frontal exterior del Edificio Q (posición inicial al iniciar la app)
2	Interior del Laboratorio de Computación Gráfica
3	Interior del Aula Híbrida CISCO
4	Vista isométrica del escenario completo (ángulo elevado y oblicuo)

Estas vistas predefinidas también pueden servir como puntos de partida para una navegación libre posterior.

## Control de sonido

La aplicación incluye **audio ambiental** que mejora la inmersión del recorrido. El usuario puede controlar el audio con las siguientes teclas:

Tecla	Acción
M	Activar o desactivar el sonido
+	Subir el volumen (si se implementó)
-	Bajar el volumen (si se implementó)

El sonido puede tardar algunos segundos en cargarse tras el inicio de la aplicación. Se recomienda esperar brevemente antes de manipular el audio.

## Elementos interactivos y animaciones

1. Dentro del entorno existen **cinco animaciones complejas**, algunas de las cuales están activas de forma continua y otras condicionadas por eventos:



Elemento animado	Ubicación	Descripción	Técnica usada
Brazo robótico	Laboratorio de Computación Gráfica	Animación jerárquica con rotación por partes	KeyFrames (manuales)
Simulación de ventilador de techo	Aula Híbrida CISCO	Movimiento cíclico de aspas	Transformaciones
Monitor giratorio	Laboratorio de IA Microsoft	Movimiento angular continuo	Transformaciones
Libro flotante	Mesa de laboratorio	Oscilación vertical + rotación (efecto flotante)	KeyFrames
Cámara automática	Área exterior	Se mueve entre tres posiciones	Control por script

2. Cada una de estas animaciones fue diseñada con lógica independiente y puede ejecutarse sin intervención del usuario, garantizando una ambientación constante y dinámica.

## Información del cronograma de actividades y división de las actividades

- Investigación y diseño

Levantamiento de requisitos, recopilación de referencias visuales y planificación inicial del proyecto. Esta etapa sienta las bases conceptuales y técnicas, incluyendo definición de objetivos, características clave, estilo visual y tecnologías a emplear.

**Responsable:** Diego

**Fecha programada:** 10 de marzo de 2025



**Semana:** Semana 1 - 2

---

- Modelado 3D

Modelado tridimensional de los espacios y elementos clave del proyecto. Se diseñarán las estructuras principales, objetos interactivos y escenarios base con atención a la escala, proporciones y funcionalidad.

**Responsable:** Diego

**Fecha programada:** 15 de abril de 2025

**Semana:** Semana 3 - 5

---

- Texturizado y optimización gráfica

Aplicación de texturas, materiales y detalles visuales a los modelos. Incluye ajuste de resolución, mapas de normales y reducción de polígonos para mejorar el rendimiento sin comprometer la calidad visual.

**Responsable:** Diego

**Fecha programada:** 21 de abril de 2025

**Semana:** Semana 6 - 7

---

- Animaciones y navegación interactiva

Programación de animaciones para objetos y personajes, así como integración de controles de navegación e interacciones básicas. Se busca que el usuario pueda interactuar de forma intuitiva con el entorno.

**Responsable:** Lizbeth

**Fecha programada:** 25 de abril de 2025

**Semana:** Semana 8 - 9



---

- Integración de audio y pruebas funcionales

Incorporación de música de fondo, efectos sonoros, junto con pruebas técnicas para asegurar la funcionalidad correcta de cada módulo del sistema.

**Responsable:** Lizbeth

**Fecha programada:** 3 de mayo de 2025

**Semana:** Semana 10 - 11

---

- Documentación y entrega final

Elaboración de documentación técnica y descriptiva, incluyendo manuales de uso, bitácora de desarrollo y presentación del proyecto final.

**Responsable:** Equipo completo

**Fecha programada:** 7-8 de mayo de 2025

**Duración:** Semana 12

Etapa	Fecha Límite
Investigación y diseño	10 de marzo 2025
Modelado 3D	15 de abril 2025
Animaciones y audio	25 de abril 2025
Integración y pruebas	3 de mayo 2025
Documentación final	7 de mayo 2025
Entrega	8 de mayo 2025

## Estudio Técnico para Determinar el Costo de la Aplicación

### 1. Tiempo de desarrollo y mano de obra



El desarrollo fue realizado por **2 integrantes**, quienes asumieron la carga completa de trabajo estimada en **200 horas totales**. Esta carga incluye investigación, modelado, animación, programación, integración y documentación. Al distribuir estas horas entre dos personas, cada uno contribuyó con aproximadamente **100 horas**.

### Costo por hora de desarrollo

Se ajusta la tarifa por hora a **\$320 MXN/hora**, considerando que el trabajo fue realizado por un equipo reducido, lo que implicó mayor carga y responsabilidad por persona.

- **Costo total de mano de obra:**  
 $200 \text{ horas} \times \$320 \text{ MXN/hora} = \$64,000 \text{ MXN}$
- 

## 2. Compra y/o creación de modelos y texturas

Aunque parte del contenido fue desarrollado por el equipo, también se recurrió a modelos y texturas externas para agilizar el proceso y garantizar calidad profesional.

- **Presupuesto estimado:**  
**\$4,000 MXN**
- 

## 3. Herramientas y licencias de software

Se utilizaron herramientas profesionales como **Autodesk 3ds Max** y **Maya**, que requieren licencias comerciales. Las licencias anuales de estas herramientas oscilan entre **\$25,000 y \$30,000 MXN cada una por un año**, pero para efectos de este proyecto (asumiendo licencias educativas o temporales), se considerará una inversión proporcional y estimada de 3 meses son **\$3,400 MXN cada una por mes**:

- **Licencias de software:**  
**\$6,800 MXN** (uso combinado y por tiempo limitado de ambas herramientas)
- 

## 4. Total de inversión estimada





Concepto	Monto (MXN)
Mano de obra (2 personas, 200 hrs $\times$ \$320)	\$64,000
Compra/creación de modelos y texturas	\$4,000
Licencias de software (3ds Max + Maya)	\$6,800
<b>Total estimado</b>	<b>\$74,800</b>

---

## 5. Justificación del costo

- El hecho de que solo dos integrantes completaran el desarrollo intensifica la carga laboral individual, justificando una tarifa por hora más alta.
  - El uso de herramientas profesionales como **3ds Max** y **Maya** eleva el costo, pero garantiza calidad en el modelado y animación.
  - El proyecto implicó habilidades avanzadas en modelado 3D, integración multimedia y documentación técnica, por lo que el presupuesto refleja una producción semiprofesional o profesional.
- 

## 6. Valor de mercado estimado

Con base en proyectos similares en la industria, una aplicación interactiva con modelado 3D, animaciones, audio y presentación final puede comercializarse entre:

- **\$160,000 MXN**, dependiendo del nivel de personalización, derechos de uso, soporte técnico y características adicionales.

Esto representa una **rentabilidad potencial del 40% al 80%** sobre la inversión, si se posiciona en el mercado adecuado.

## Description of Activities (individual)

Lopez Flores Diego:

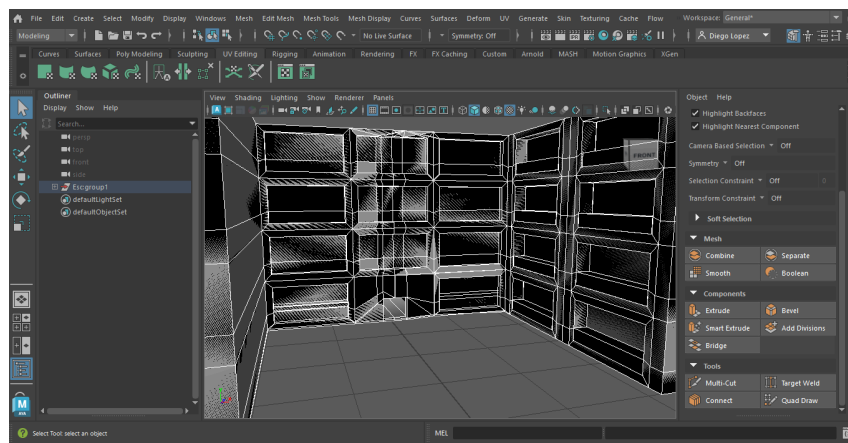


### ○ Research and Design

- A preliminary investigation was carried out focusing on the theoretical side of 3D modeling and how it works at the code level, including the necessary libraries and APIs for implementation.
- For the design phase, it was originally decided to model the building and classrooms with a video game-inspired theme. However, due to internal conflicts and the withdrawal of some team members, the thematic design was omitted in order to reduce the workload for the remaining participants.

### ○ 3D Modeling

- Initially, 3D modeling was attempted using **3ds Max**, but its steep learning curve and complexity made the process difficult, and the final results did not meet expectations.
- This issue was resolved by switching to **Autodesk Maya**, where modeling became more intuitive. The process started from a basic cube, and with the use of modification tools, the model was shaped to represent the building with greater detail.



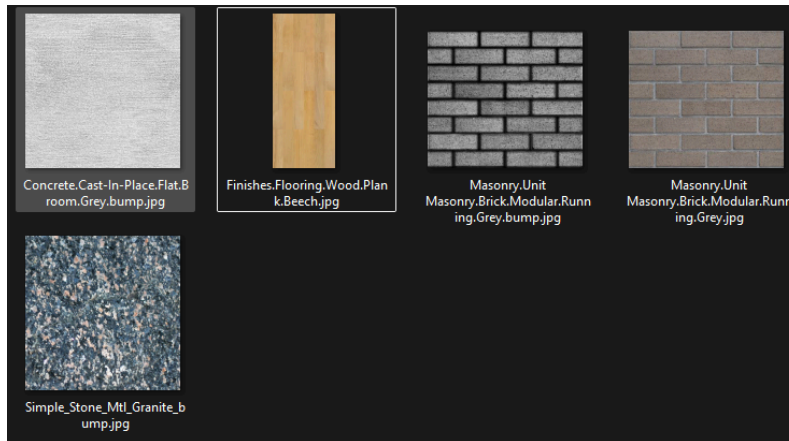
- Tools like **Extrude** and **Multi-Cut** were used to divide the geometry and manipulate depth, allowing for more intricate details and enabling **per-face texturing** later in the pipeline.

### ○ Texturing and Graphic Optimization

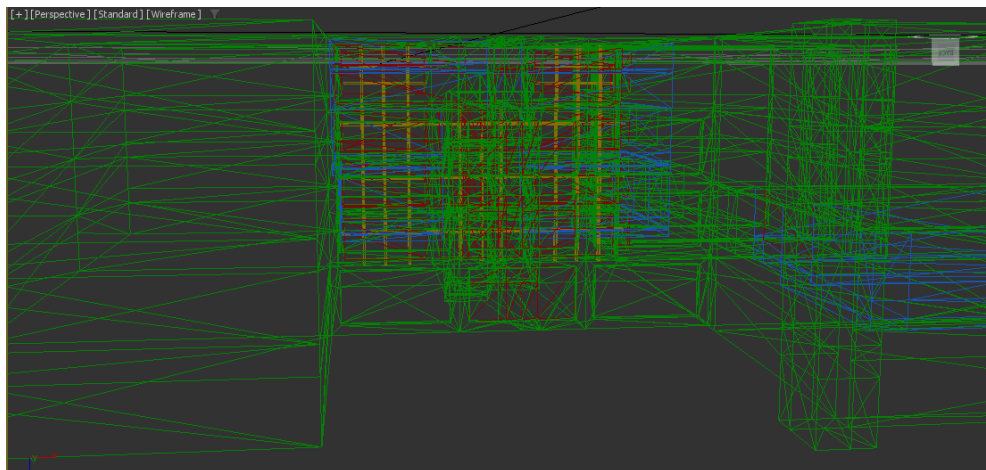
- For the texturing phase, **3ds Max** was used again, specifically utilizing **Bitmap tools** to apply textures. A variety of textures were applied:
- One for the main facade,



- Another for the window glass,
- A wooden texture for the floor, and
- A brick texture for the building's interior walls.



- To optimize the model, square surfaces were converted to **triangular geometry**, and non-essential rooms were left empty to avoid unnecessary polygon rendering and improve performance.



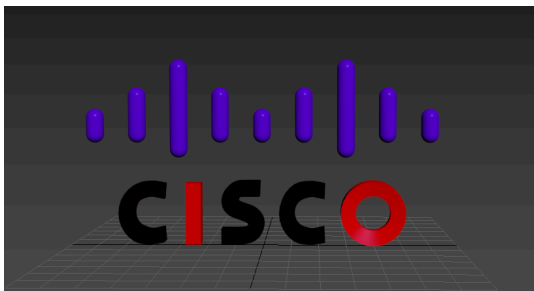
- Additionally, external decorative models were prepared to enhance the visual appearance of the building and classrooms. Each asset was verified to ensure functionality and proper texture mapping, as some had undefined or missing materials.
- All models were scaled appropriately to match real-world proportions, then exported in **.OBJ** format, with their respective textures in **.PNG** format.



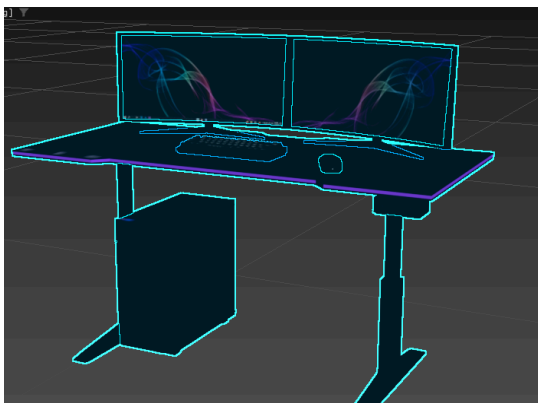
- Below is a list and preview of the models planned for use:
- Vending machine



- **Cisco logo** for the Cisco-themed classroom

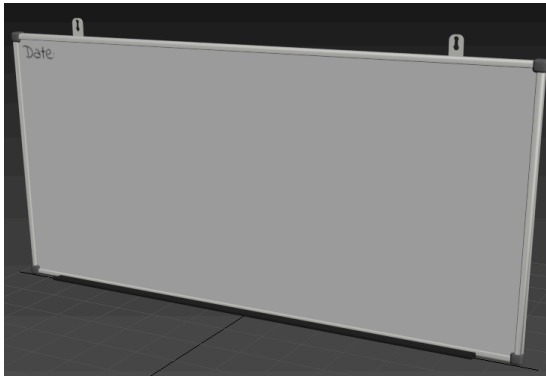


- **PC and desk** setup for classrooms





- Whiteboard



- Chair



- **Server rack** decoration for the network room





**Cruz Cruz Lizbeth:**

### **Animations**

The project includes a total of five (5) complex animations, designed to bring realism and dynamism to the environment.

### **Implemented animations:**

Object Name	Animation Type	Technique Applied	Brief Description
Robotic Arm	Hierarchical	KeyFrames	Joint rotation with smooth animation
Laboratory Screen	Rotation	Transformations	Slow continuous spin on the vertical axis
Floating Book	Oscillation + Rotation	KeyFrames	Vertical motion and "hover"-style rotation
Ceiling Fan	Circular Motion	Angular	Constant and realistic blade movement
Security Camera	Automated Movement	Control Script	Lateral sweep between three fixed points

All animations were coded from scratch, avoiding the use of lab examples.

### **Audio**



The environment was enhanced with ambient sound to improve user immersion during the walkthrough.

#### Audio specifications:

- **Library used:** irrKlang (free for non-commercial use)
- **Audio file:** Relaxing instrumental track in .mp3 format
- **Autoplay:** Music starts automatically when the program launches
- **Controls:**
  - **M:** Mute/unmute
  - Modular implementation allows adding sound per object in the future

#### Camera Control

The application features a synthetic first-person camera that allows free navigation through the environment.

#### Camera functions:

- Free movement using **W, A, S, D, Space, Shift**
- Full rotation using the **mouse**
- **Zoom** using the scroll wheel
- Direct positioning with keys **1 to 4** to switch between predefined views

#### Programmed views:

1. **Front exterior** of the building (default start)
2. **Interior** of the Computer Graphics Laboratory
3. **Interior** of the CISCO Classroom
4. **Panoramic isometric view** (elevated oblique angle)

#### User Interaction

Although the environment is not fully interactive (no object selection or UI menu), several forms of indirect interaction are provided:

- Full navigation control
- Audio toggle on/off
- Perspective control during the walkthrough
- Non-linear experience: the user freely defines the order and pace of the exploration



## Eficiencia técnica y rendimiento

El proyecto fue optimizado para que pueda ejecutarse con fluidez en computadoras de gama media.

### Técnicas de optimización aplicadas:

- Reducción de polígonos innecesarios en modelos.
- Uso de texturas comprimidas sin pérdida visual apreciable.
- Control del número de luces activas en escena.
- Carga dinámica de algunos recursos (solo si se requieren en memoria).

### Integración técnica

El entorno fue desarrollado usando el lenguaje C++ con **OpenGL** y las siguientes librerías:

Librería	Función principal
<b>GLFW</b>	Creación de ventanas, manejo de entradas
<b>GLEW</b>	Gestión de extensiones OpenGL
<b>irrKlang</b>	Sistema de audio
<b>stb_image</b>	Carga de texturas en formatos PNG y JPG

El motor gráfico fue construido desde cero, sin motores preconstruidos como Unity o Unreal, para reforzar el aprendizaje del pipeline gráfico tradicional.





## Bibliografía

- modelos utilizados
  - <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/free-snack-machine-3d-model/962268>
  - <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/white-board-markers-3d-model-1404787>
  - <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/3d-model-futuristic-high-tech-chair-2199623>
  -