



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CG  
PARA DESARROLLAR PASEOS VIRTUALES

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO EN COMPUTACIÓN**

PRESENTA:

**JOSÉ RODRIGO ZENTENO CABRERA**

DIRECTOR: *ING. RODRIGO TINTOR PÉREZ*



Ciudad Universitaria, México D.F.

2010

## **Agradecimientos:**

### **A mi padre**

Quien ha sido todo un ejemplo a seguir y un apoyo constante, por sus consejos y por todo lo necesario para hacer de mí un hombre de provecho.

### **A mi madre**

Por su dedicación hacia mis hermanas y a mí, pero sobre todo por el cariño y apoyo que siempre están ahí cuando más lo necesitamos.

### **A mis hermanas**

Mis confidentes y en quienes confío plenamente.

### **A mis familiares y amigos**

Que siempre han creído en mí y en el éxito que puedo lograr.

### **A mi Abuelo**

“hijo, yo sé que vas muy grande... aunque yo no esté ahí para verlo”

### **A la UNAM**

Por ser una excelente institución de estudios que me formó como Ingeniero y que seguirá formando miles y miles de profesionistas cada año.

## Índice

Objetivo .....	1
Introducción.....	2
Computación Grafica.....	2
Realidad virtual .....	3
Ambientes Virtuales y Videojuegos .....	3
Ambientes virtuales .....	3
Proyecto Paseo Virtual del Palacio de Minería .....	4
Uso de la tecnología de Videojuegos en Paseos Virtuales Tridimensionales (Serious Games).....	5
Modelado tridimensional.....	10
Tipos de modelos tridimensionales .....	11
Especificando su frontera directamente.....	11
Box Modelling.....	12
NURBS Modelling .....	12
Operaciones Booleanas.....	13
Extrude .....	13
Lathe .....	14
Loft .....	14
Selección de Herramienta de Modelado Tridimensional. ....	17
Gratuitos .....	17
Menos de \$200 dólares .....	17
De \$200 hasta \$999 dólares.....	18
\$1000 o mas.....	20
Tratamiento de planos como base para construir modelos tridimensionales .....	23
Tratamiento de planos impresos. ....	23
Tratamiento de planos digitales .....	26
Toma de fotografías y levantamiento de datos para resolver limitantes de los Planos. 32	
Modelado en bajo conteo poligonal. ....	34
Modelado Tridimensional a partir de los planos digitales o impresos. ....	43
Texturizado.....	48
Toma de fotografías para Texturas .....	49
Tratamiento de imágenes para textura y editores de imagen.....	50
Imágenes con canal Alpha.....	51
Texturización de un modelo tridimensional (Mapeado UVW).....	53
Texture bake .....	56
Motor de Juego .....	59

Selección de Motor de Juego.....	59
Exportación e importación de modelos Tridimensionales .....	59
Materiales .....	60
Sombreado y matices .- (Shaders) .....	62
Luces.....	64
Mapeado con relieve (Bump mapping) .....	65
Física del Motor de Juego.....	66
Sonido.....	69
Navegación .....	70
Conclusiones.....	71
Bibliografía.....	73

# Objetivo

---

Afrontar la carencia de información en México que explique de forma detallada los procedimientos para desarrollar proyectos que hagan uso de las numerosas herramientas de Computación Gráfica existentes a nivel mundial, lo que dificulta su utilidad práctica para crear recorridos virtuales de sitios de interés colectivo de índole didáctica, cultural o recreativa a nivel nacional.

Seleccionar eficientemente las tecnologías de computación gráfica tridimensional desarrolladas a nivel mundial e implementarlas adecuadamente para desarrollar el Paseo Virtual del Palacio de Minería.

Documentar “todo el proceso de desarrollo del Paseo Virtual del Palacio de Minería” que se desarrollo dentro del **Laboratorio de Investigación para el Desarrollo Académico** “LINDA”, así como cada uno de los pasos seguidos, la problemática enfrentada y las soluciones encontradas.

A partir de esta documentación y el software desarrollado construir una guía completa, bien estructurada, concisa e ilustrativa que ayudará a ingenieros del Área de Computación Gráfica a desarrollar aplicaciones similares a las de este Paseo Virtual.

# Introducción

---

## Computación Grafica

Durante los últimos años resulta cada vez más común observar que en la práctica la aplicación de la computación gráfica se encuentra inmersa en muy distintas áreas. Pese al alto costo que implica la aplicación en ingeniería y ciencias de estas tecnologías, los avances computacionales en gráficos interactivos resultan cada vez más prácticos. Hoy en día es posible encontrar aplicaciones gráficas hechas a computadora en áreas tan amplias y variadas como lo son las ciencias de la medicina, ingeniería, negocios, sector industrial, artes, entretenimiento, educación, entre otras.

El crecimiento exponencial que ha mostrado en las últimas dos décadas la computación grafica resulta sorprendente, pasando desde simples gráficos bidimensionales hasta complejos ambientes tridimensionales de alta calidad con interacción en tiempo real. En materia de entretenimiento, la computación grafica es usada amplia y reiteradamente en películas y juegos de video. Muchos largometrajes y cortometrajes actualmente son animados prácticamente en su totalidad por computadora. La capacidad de los gráficos en las computadoras personales y las consolas de juego han mejorado en tal medida, que los sistemas de bajo costo son capaces de mostrar millones de polígonos por segundo. También existen importantes usos de la computación grafica en aplicaciones ajenas al entretenimiento. Por ejemplo, los sistemas de realidad virtual son a menudo usados en entrenamiento y capacitación industrial, ejecutiva, educacional e incluso militar. La computación grafica es una herramienta que día a día se ha vuelto indispensable para la visualización científica y para el diseño asistido por computadora (CAD) y que es necesario contar con métodos efectivos para visualizar comprensiblemente grandes conjuntos de datos y para mostrar los resultados de las grandes simulaciones científicas.

Si analizamos la evolución que ha tenido la computación de manera sucinta y poco detallada nos encontramos con épocas en las que una sola calculadora tenía el tamaño suficiente como para llenar una habitación completa, pasando por la computadora personal Z80 de 8-bit, hasta llegar a los sistemas de gigahertz que existen hoy en día. Paralelamente al desarrollo de los sistemas computarizados, el mercado de videojuegos también ha pasado por una inmensa serie de cambios y avances. El éxito que tuvo el primer juego comercial (Juego de Pong en 1972) abrió el camino para el desarrollo de juegos casi realistas para pc y consolas de juego modernas. Estos sistemas computacionales se hacen más poderosos cada día, dándonos la posibilidad de producir cada vez más complicados y realistas juegos y animaciones. En el mismo sentido, el avance en las tarjetas graficas es significativo, siendo aun más poderosas desde el éxito de la primera tarjeta 3D de 3DFX. Estas tarjetas aceleradoras de gráficos 3D hacen posible la creación de un nivel de detalle virtual antes inexistente. En la actualidad, con la alta tecnología de las tarjetas graficas nVidia y ATI (que incluso tienen su propio procesador GPU – Graphics Processing Unit) uno puede desplegar escenarios 3D casi realistas en tiempo real.

## Realidad virtual

La realidad virtual es una nueva forma de usar las computadoras. Elimina la separación tradicional entre el usuario y la máquina, proporcionando una interacción más directa e intuitiva con la información. Usando dispositivos avanzados como sensores de movimientos, lentes con tecnología estereoscópica, entre otros, podemos habitar un ambiente inmersivo generado por computadora. Existe la posibilidad de crear mundos virtuales y adentrarnos en ellos para verlos, oírlos, tocarlos e interactuar con ellos. Ahora que el poder de la computación se ha incrementado para satisfacer la demanda del procesamiento en tiempo real, la tecnología de realidad virtual ha entrado en un periodo de gran atención pública y un amplio interés por parte de la industria. Muchas corporaciones y empresas alrededor del mundo están explorando activamente el uso de estas tecnologías dentro de diferentes áreas de aplicación; incluyendo telecomunicaciones, entretenimiento, diseño industrial, salud, educación, diseño digital y mercadotecnia. Un número creciente de universidades y laboratorios de investigación y compañías desarrolladoras están haciendo un trabajo exhaustivo para crear más sofisticados sistemas de realidad virtual.

## Ambientes Virtuales y Videojuegos

Para poder hacer videojuegos y demás aplicaciones es necesario aprender y manejar los elementos fundamentales de vista, sonido e interactividad. La interactividad con una computadora es muy importante y puede llevarse a cabo de diferentes formas dependiendo de la aplicación y sus objetivos.

Una aplicación interactiva en dos dimensiones puede ser relativamente fácil, el programador suele hacer el rol de diseñador y artista; sin embargo al entrar al ámbito tridimensional la tarea es muy diferente, se necesitan más personas trabajando en conjunto para crearla. Un videojuego comercial tarda entre 1.5 y 3 años para ser desarrollado con un equipo de 25 personas en promedio. Un juego 3D generalmente tiene programación orientada a objetos, cálculos trigonométricos y de álgebra lineal que se ejecutan durante todo el juego, estructuras de datos especializadas, una red neuronal para el manejo de la inteligencia artificial, así como teoría de autómatas finitos y de grafos aplicada, entre muchos otros factores.

## Ambientes virtuales

Los ambientes virtuales son un inmenso territorio para la experimentación, en el que se puede construir, explorar y jugar más fácil y rápidamente que en el mundo físico.

Usando la tecnología de computación gráfica dentro de la industria de los videojuegos, los sets virtuales están redefiniendo el modo en el que los directores de cine, coreógrafos, científicos, investigadores, arquitectos, productores de televisión y diseñadores Web desarrollan simulaciones de situaciones del mundo real.

Para la creación de los elementos visuales de los ambientes virtuales es necesario aplicar y conocer diversas herramientas y técnicas. Algunas manejan material bidimensional, como “programas de edición de imagen” que trabajan imágenes planas; mientras que existen otras que son programas de modelado 3D que permiten construir y visualizar objetos que lucen sólidos y contienen diversas texturas.

El principal objetivo de los ambientes virtuales 3D es producir evocaciones de mundos virtuales que asemejen lo más posible a los reales. Este es un reto formidable de modelado, iluminación y renderizado en pantalla de resolución restringida y rango dinámico limitado. Para los gráficos 3D interactivos por computadora este reto es agravado por la necesidad de renderizar imágenes a 25 o 30 cuadros por segundo, de tal forma que el proceso completo debe ser realizado en más o menos 17 milisegundos. El modelado y la administración de los mismos es la parte más grande del reto. El mundo físico luce real a la vista ya que engloba la visión y alcanza niveles de detalle que van más allá incluso que nuestra capacidad y resolución visual. Cualquier modelo que pretenda simular la realidad del entorno es limitado por la capacidad de la computadora a menos de mil millones de polígonos. La estrategia que se ha tomado para superar estos retos es conceptualmente muy simple: se han creado algoritmos en los cuales las primitivas que se calculan para ser desplegadas son solo aquellas que son vistas por el observador en la imagen final. Los profesionales de la computación gráfica siempre han lidiado con el balance entre complejidad y desempeño. Todo programador de gráficos conoce la relación entre realismo y velocidad, entre fidelidad y cuadros por segundo, entre ambientes detallados y animación fluida y suave. Una campo que ha crecido a raíz de esta relación y balance es el conocido como Nivel de detalle (Level of detail, LOD). Esta disciplina de la computación gráfica pretende juntar complejidad y desempeño regularizando la cantidad de detalle usado para representar un mundo virtual.

### **Proyecto Paseo Virtual del Palacio de Minería**

El **PASEO VIRTUAL DEL PALACIO DE MINERÍA** es una aplicación para PC que hace uso de gráficos tridimensionales en tiempo real, esto le permite al usuario explorar libremente la versión digital del palacio además de interactuar con ella creando así la sensación de habitar dicho espacio

El proyecto Paseo Virtual del Palacio de Minería fue una iniciativa de los integrantes del Laboratorio Para el Desarrollo Académico (LINDA). LINDA es un laboratorio manejado por estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de México y apoyado por las autoridades de la Facultad de Ingeniería. El objetivo de éste es que los estudiantes tengan acceso a un espacio donde puedan proponer y desarrollar proyectos que refuercen los conocimientos aprendidos en el aula de la Universidad, ahí se les proporcionan las herramientas necesarias para que desarrollen su proyecto, además de asesorías que son impartidas por otros integrantes del laboratorio con más experiencia.

Dentro del LINDA fue realizado este proyecto cuyo objetivo fue crear una réplica digital tridimensional interactiva del Palacio de Minería, cede de diversas oficinas de la Facultad de ingeniería y el cual constituye una obra maestra del



neoclasicismo arquitectónico en América. Así, por medio del paseo virtual se pretende la difusión del acervo cultural del inmueble.

Resulta importante mencionar que los alumnos integrantes del LINDA pudieron aplicar diversas herramientas y programas importantes de computación gráfica gracias al desarrollo de este proyecto, de forma que perfeccionaron sus conocimientos, logrando así una formación integral de los conocimientos adquiridos en sus distintas aulas.

Este proyecto fue propuesto al director de la Facultad de Ingeniería, el M. en C. Gerardo Ferrando Bravo, quien aprobó y proporciono apoyo para su desarrollo. De igual forma, el Lic. Miguel Figueroa Bustos, Secretario de Servicios Académicos de la facultad de Ingeniería y la C. F. Elia Macedo de la Concha, Coordinadora del Palacio de Minería proporcionaron el apoyo necesario para poder desarrollar el proyecto.

### **Uso de la tecnología de Videojuegos en Paseos Virtuales Tridimensionales (Serious Games)**

Actualmente existen diferentes paseos virtuales, la mayoría se encuentran en línea y hacen uso de diferentes tecnologías tales como imágenes, animaciones en flash, fotos de 360 grados, videos, etc. Sin embargo, se tomó la decisión de utilizar tecnología tridimensional para realizar este proyecto ya que son utilizadas muy poco en nuestro país para elaboración de paseos virtuales, además que su uso en línea es prácticamente inexistente.

Una vez mencionado, a grandes rasgos, el cómo se crea una aplicación que hace uso de gráficos tridimensionales, es preciso pasar al tema en concreto del proyecto desarrollado. A diferencia de un videojuego, el paseo virtual no tiene la intención de poner a prueba nuestra destreza o habilidad en la resolución de problemas. El objetivo de éste, es hacernos sentir que habitamos un mundo que en la realidad nos es inaccesible; ya sea porque existe un impedimento visitarlo o porque no existe en la realidad. Así, por medio de un paseo virtual podremos ir a museos, edificios históricos, reservas naturales y demás lugares de importancia cultural que se encuentran al otro lado del mundo; zonas arqueológicas cerradas al público para evitar desgaste de las mismas, o ingresar a un edificio que está en planes de construcción para visualizar cómo será cuando esté terminado. Como se puede observar, este tipo de utilidades tiene una amplia gama de usos o finalidades.

Al realizar un proyecto de este tipo, se debe tener bien definido el lugar que se va a representar tridimensionalmente. En el supuesto en que dicho lugar sea ficticio o inexistente, es necesario realizar el diseño de todo el ambiente virtual bosquejándolo, dimensionándolo y, si es posible, implementar los planos con una herramienta de diseño asistido por computadora o “CAD” por sus siglas en inglés. En cuanto a clonar o representar una instalación o área ya existente es necesario recaudar toda la información descriptiva posible.

Resulta importante, que en el caso de reproducir un sitio real, definir la importancia de éste. Para facilitar la resolución de este paso se pueden dar contestación a las siguientes preguntas: ¿Por qué es necesario reproducirlo? ¿Qué lo hace especial? El objetivo de estas preguntas es conocer a fondo un lugar y así se pueden definir todas aquellas áreas que necesitan mayor detalle y dónde se debe hacer un mayor énfasis al momento de simular el espacio.

Específicamente en el caso del palacio de minería, es un edificio histórico creado por Manuel Tolsá que aloja a diferentes instancias de la Facultad de Ingeniería. En el proyecto es de gran interés hacer notar de manera precisa la arquitectura del lugar como primicia base del proyecto, por lo que el paseo virtual se enfoca principalmente en áreas abiertas de acceso al público general. Motivo por el cual, lugares sin importancia para este proyecto (oficinas administrativas, instalaciones sanitarias y de intendencia) no fueron contempladas para ser desarrolladas.

En cuanto al grado de detalle empleado, se utilizó un nivel alto de realismo, de forma que al inicio del proyecto fue necesario definir el tiempo necesario para el desarrollo de cada sitio y las distintas áreas que van a constituir el ambiente virtual de la visita.

A continuación se muestran las áreas de desarrollo que se deben manejar en la elaboración y diseño de un mundo virtual. Cabe mencionar que éstas pueden estar a su vez subdivididas o pueden agregarse áreas adicionales conforme se avanza con un proyecto en específico. Es importante hacer notar que la gran mayoría de estas áreas pueden ser realizadas hasta cierto tiempo en paralelo. Junto con la explicación siguiente se ejemplificara cada una de las áreas usando como base una pequeña escena que representa al cuarto bicentenario ubicado en la planta baja del palacio de minería:

**Levantamiento de datos.** Se deben realizar visitas de campo al lugar o lugares que se van a simular, recopilando todos los datos necesarios para poder duplicar el lugar en forma virtual. La idea de esta etapa es tomar fotos de referencia, medidas clave, recabar documentos del lugar, revisión de detalles, toma de sonidos ambientales, recopilación de planos y toda aquella información que será útil para desarrollar el ambiente. En el caso de hacer representaciones de edificios u obras arquitectónicas, los planos del sitio generalmente son de gran utilidad, puesto que indican de forma precisa las medidas de la base del diseño. En la Figura 1 se muestra una foto de referencia, estas son útiles para mostrar detalles que no aparecen en los planos. En la figura 2 podemos ver un plano impreso, una vez digitalizado son de gran ayuda para medidas base.



Figura 1 Foto de referencia, Salón bicentenario, Palacio de minería

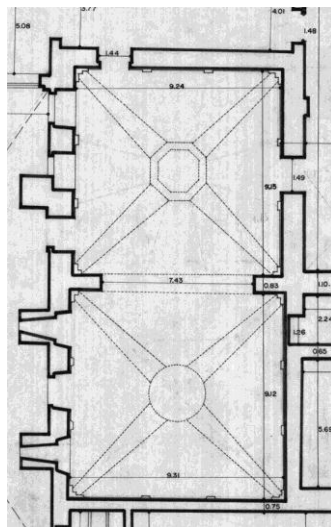


Figura 2 Escanea de plano impreso, salón bicentenario, Palacio de minería

**Tratamiento de planos.** Es la adecuación de los planos (obtenidos en el levantamiento de datos) ya sean digitales o impresos en un programa de tipo CAD, para que puedan ser usados como base en el modelado tridimensional del ambiente.

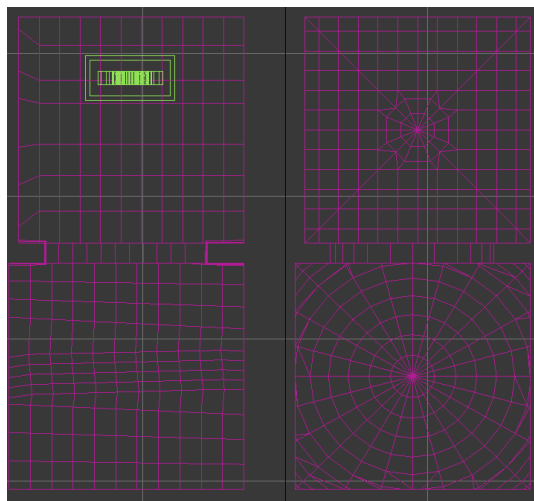


Figura 3 Plano digital del Salón bicentenario, Palacio de minería

**Modelado tridimensional.** Es el modelado de terrenos, edificaciones, construcciones y demás objetos que estén presentes en la escena tridimensional y se deseen representar virtualmente. Para esto es necesario hacer uso de algún programa de modelado 3D. Existen diversas técnicas y programas de modelado que pueden ser utilizadas dependiendo de los objetivos que se pretendan visualizar.

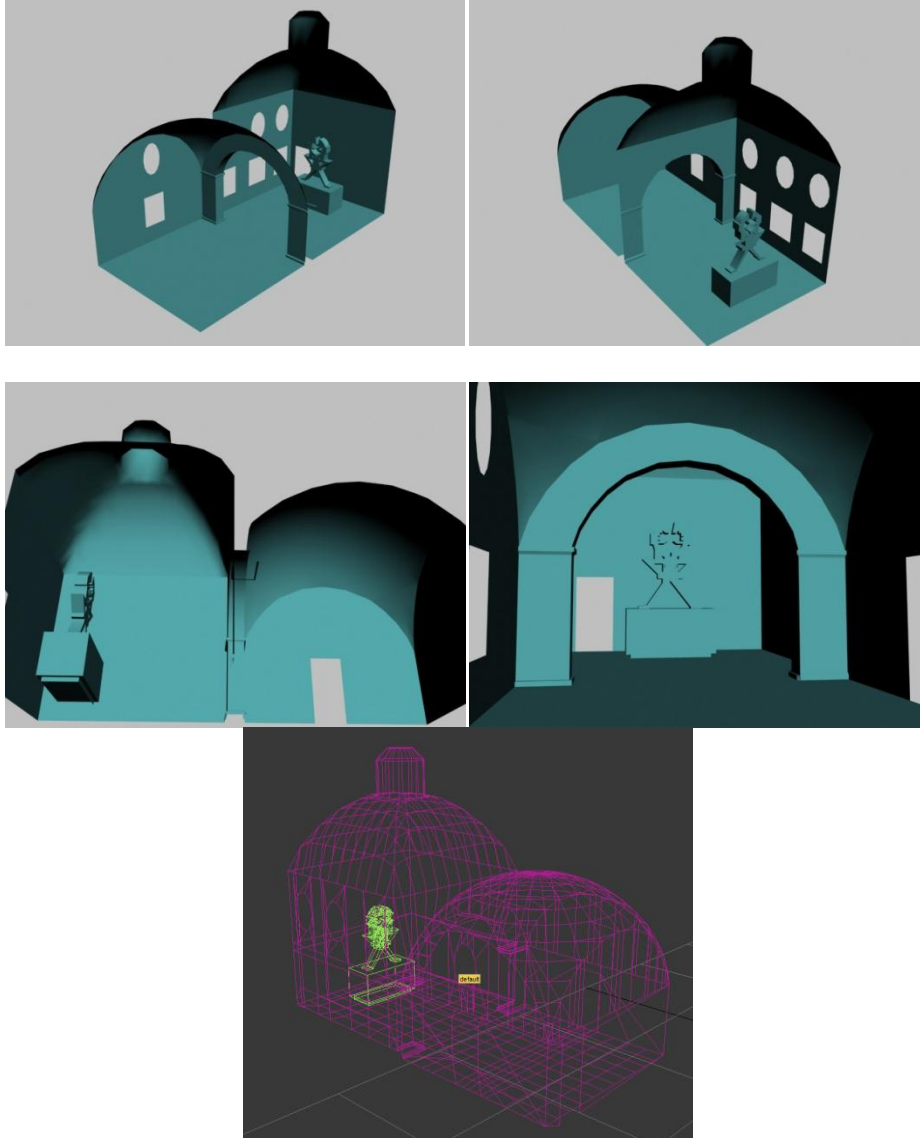


Figura 4 Representación tridimensional sencilla del Salón bicentenario, Palacio de minería

**Desarrollo de Texturas.** Para agregar realismo y detalle sin sacrificar rendimiento se hace uso de texturas. Cada textura utilizada debe ser elaborada a partir de alguna imagen o fotografía. Al recurrir a una imagen para representar una textura sobre un modelo tridimensional, se puede elegir una imagen elaborada por el diseñador o bien, una fotografía obtenida del levantamiento de datos. Es siempre recomendable el uso de un programa de edición de imagen para facilitar el manejo y elaboración en esta etapa en específico. En la figura 5 se muestran algunos ejemplos de texturas para un modelo 3D.

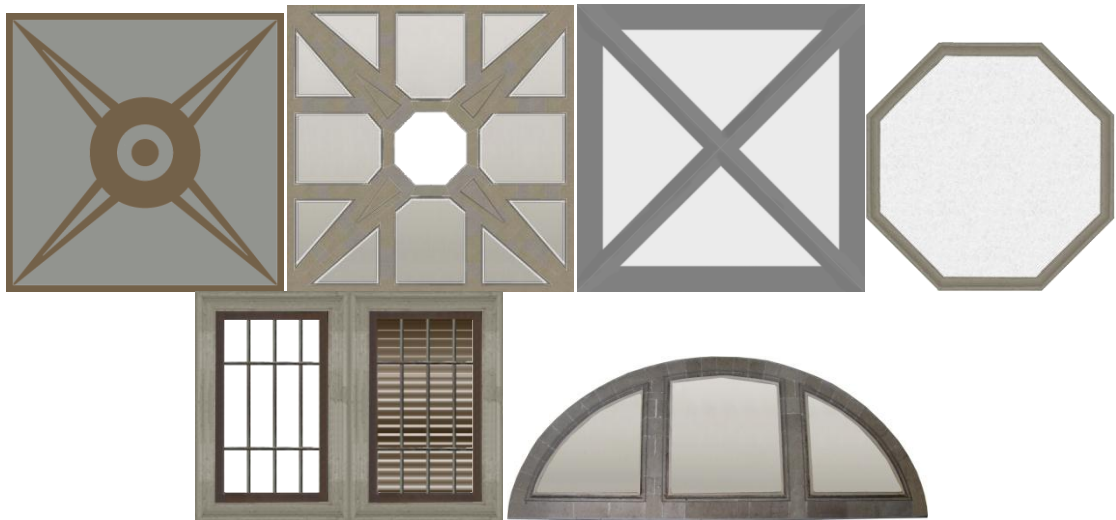


Figura 5 Texturas que serán aplicadas al modelo tridimensional del Salón bicentenario, Palacio de minería

**Texturizado.** Es la implementación de imágenes desarrolladas en el paso anterior usando un programa de modelado tridimensional, tal como se ejemplifica gráficamente.



Figura 6 Modelo 3D texturizado del salón bicentenario, Palacio de minería

**Implementación en un motor de juego y Navegación.** Se refiere al uso de tecnología de computación gráfica con la cual es posible navegar dentro del ambiente virtual. Es en este paso donde se realiza la importación de los modelos tridimensionales creados y texturizados en las áreas desarrolladas con anterioridad. Se deben implementar en este paso los materiales, efectos especiales e iluminación, de tal manera que se programe la forma en cómo el usuario podrá navegar dentro del ambiente virtual. Dado que es en este paso donde se embonan los distintos materiales y elementos previamente diseñados, esta etapa utiliza la mayor carga de programación del proyecto.



Figura 7 Implementación del modelo 3D del salón bicentenario en un motor de juego.

# Modelado tridimensional

---

Los modelos 3D representan un objeto usando una colección de puntos en un espacio de tres dimensiones conectados por varias entidades geométricas tales como triángulos, líneas, superficies curvas, etc. Siendo una colección de datos, los modelos tridimensionales pueden ser elaborados “a mano” usando un programa de modelado tridimensional; o bien, diseñados a partir de objetos o terrenos reales, elaborados automáticamente en base a imágenes o escaneos 3d, utilizando las herramientas tecnológicas que se han desarrollado ampliamente en los últimos años. La técnica comúnmente empleada en el desarrollo de paseos virtuales es la que se apoya en programas de modelado tridimensional. Aunque esta técnica no es necesariamente la mejor en cuanto a resultados, es mucho más conveniente cuando se tienen limitantes en recursos y accesibilidad.

En su forma más básica esta etapa representa una escena tridimensional creada por objetos 3d, que a su vez están formados por polígonos y éstos por puntos y líneas que convergen para dar forma al objeto. A continuación se expone un ejemplo para dar claridad a la idea presentada, podemos ver el salón bicentenario del palacio de minería representado por líneas que en sus intersecciones forman vértices y estos en conjunto forman polígonos, los cuales son rellenados por la computadora para dar una imagen de un objeto sólido.

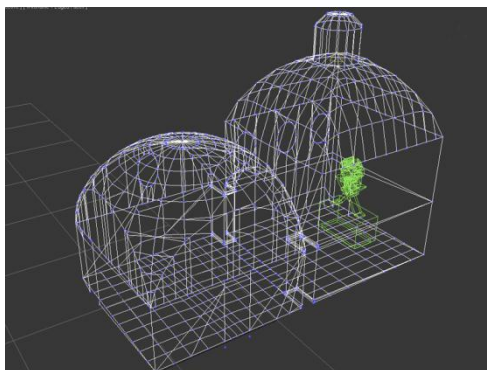


Figura 8 Vista en maya

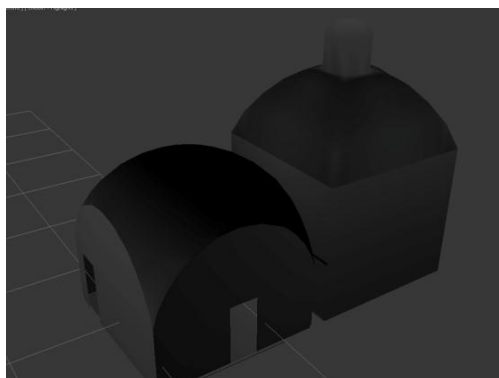


Figura 9 Vista en solido

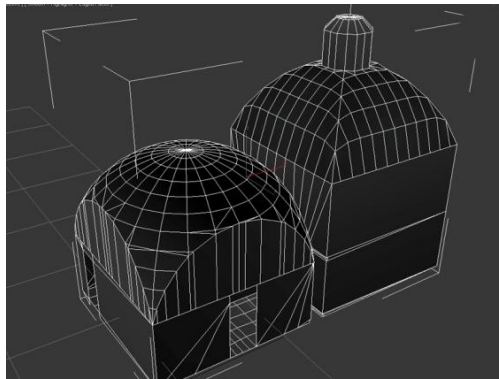


Figura 10 Vista en solido con maya

El modelado tridimensional permite dar forma y lugar a objetos 3D que serán usados en una escena virtual, tal como lo son las puertas, ventanas y muebles de un edificio. Es la base de toda la creación de una escena virtual, ya que representa la estructura o esqueleto de todos los elementos a ser visualizados en el proyecto.

La etapa de modelado consiste en dar forma tanto a las edificaciones como a todos los objetos individuales que luego serán usados en la escena.

Un objeto 3d puede ser modelado de diferentes formas:

### Tipos de modelos tridimensionales

A continuación se indicarán algunos tipos de modelados 3D, realizando una muy breve explicación de cada una seguida por su ejemplificación gráfica.

### Especificando su frontera directamente

Este modelado solamente es factible para la realización de formas geométricas sencillas que no requieren de un diseño muy especializado. En muchas ocasiones este tipo de formas sirven de base para la creación de modelos mucho más complejas.

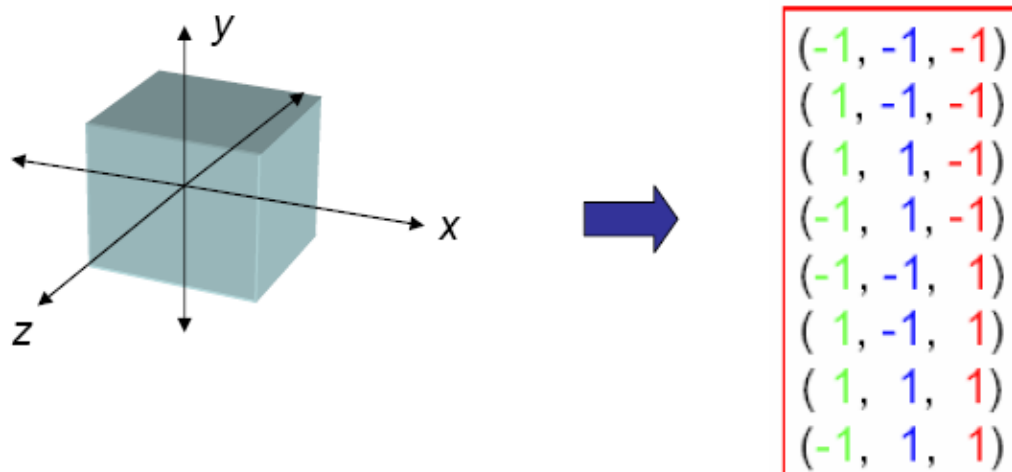


Figura 11 Modelado de un cubo dando las coordenadas de sus vértices

## Box Modelling

Este tipo de modelado maneja figuras de un grado de complejidad mucho mayor que la caja arriba diseñada. Se parte de la caja para poder realizar los efectos necesarios. Se emplea un modificador de mallas para dar forma a un cubo, extendiendo (a preferencia del diseñador) dicha malla y convirtiéndola en distintas figuras, tal y como se ejemplifica en la imagen abajo desplegada.

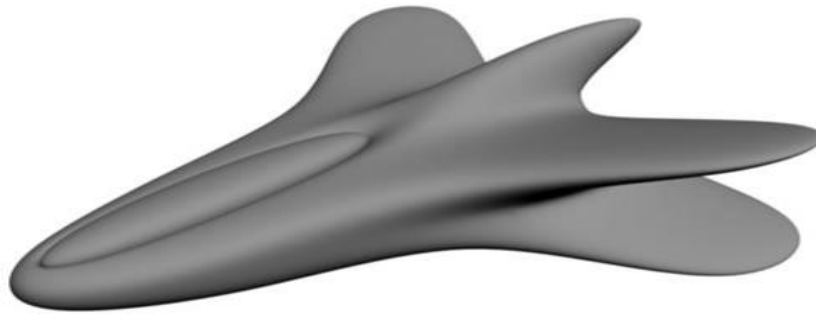


Figura 12 Nave espacial modelada a partir de deformar un prisma rectangular.

## NURBS Modelling

Esta técnica es usada para construir mallas de alta complejidad, de aspecto orgánico ó curvado. En este tipo de diseño se emplea como punto de partida un spline la cual es una curva definida en porciones mediante polinomios. Una vez que se toma la spline, se crea una malla tridimensional (por distintos métodos dependiendo del software usado) que anida todos los splines, dando como consecuencia el diseño final integrado.



Figura 13 Modelo 3d de una pluma generada a partir de splines



## Operaciones Booleanas

Este tipo de modelado implica dos objetos tridimensionales que deben restarse o sumarse el uno del otro para obtener una figura completamente nueva. Lo anterior puede ser tanto en modo de intersección, cuando el resultado visible es únicamente aquello que está en contacto en ambas figuras; como en unión, cuando funde ambas figuras creando una completamente nueva. En el ejemplo abajo graficado se muestra un cilindro y un prisma rectangular, aplicar una operación booleana podemos ver el resultado del cilindro menos el prisma (A) y el prisma menos el cilindro (B). De este mismo modo pueden ser modeladas un sin número de figuras a partir de figuras más sencillas, lo que reduce la complejidad y el tiempo de desarrollo.

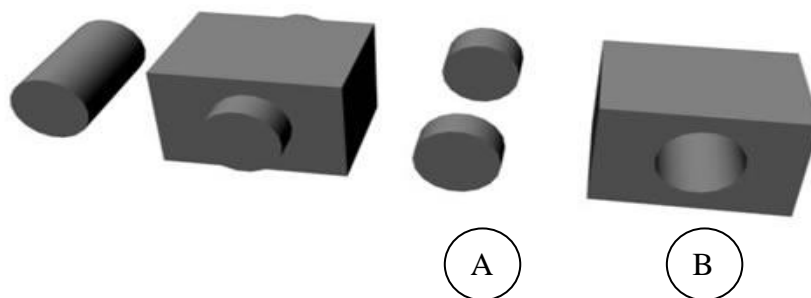


Figura 14 Modelado mediante operación booleana de un cilindro y un prisma rectangular.

## Extrude

Este tipo de diseño se utiliza cuando se pretende dar profundidad a un objeto bidimensional. Se extiende la profundidad según sea el deseo del modelador y da profundidad a un objeto bidimensional tomando como base sus contornos.



Figura 15 Texto 3d obtenido al extruir un texto plano

## Lathe

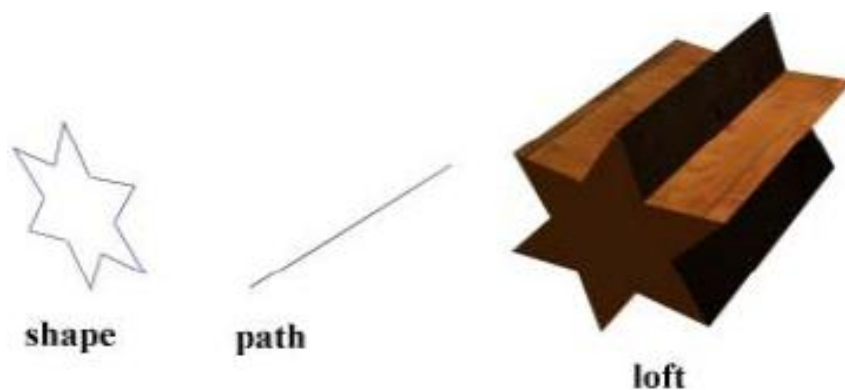
Para realizar este modelo se toma un spline y se reproduce por un eje en toda su rotación. Es ideal para la creación de botellas, copas y objetos que no cuenten con ninguna protuberancia o accesorio en uno de los costados los cuales pueden ser agregados posteriormente.



Figura 16 Tasas generadas al rotar un spline sobre un eje determinado.

## Loft

El diseño loft consiste en emplear dos ó más splines, para crear una malla 3d continua. El primer spline funciona como camino a recorrer, mientras que el segundo da la forma al seguir el camino empleado de forma continua.



Además de los diseños y formas de modelado expuestos anteriormente existe una variedad más amplia y compleja según el caso, sin embargo los nombres de cada una pueden variar dependiendo del software para modelado tridimensional que se utilice y de las herramientas que éste contenga.

Cuando se está creando una escena modelada hay dos formas de desarrollarla dependiendo del uso que se le quiera dar. Cuando la escena es creada para un video, es decir, que el proceso de renderizado no se llevará a cabo en tiempo real, el número de polígonos que contenga la escena es relativamente alto y los modelos no requieren ser muy "limpios", por lo que en nivel de detalle puede ser muy alto. En cambio, una escena virtual para tiempo real debe tener un

número limitado de polígonos que es determinado por la capacidad de la computadora donde se ejecutara el paseo virtual. Un modelo tridimensional para tiempo real es comúnmente conocido como “modelo en bajo conteo poligonal”. Inclusive, existen diversas técnicas documentadas de modelado en bajo conteo poligonal para uso en tiempo real o modelado en la creación de videojuegos.

Lo anterior se debe a que el tiempo que le toma a un procesador renderizar una imagen depende en gran medida de la cantidad de modelos tridimensionales que contenga y del número de polígonos que conforman cada uno. Para una computadora común, una escena 3D para video, con texturas, materiales, efectos de luz y modelos en alto contenido poligonal puede llegar a tomar horas al momento de renderizar una sola imagen de ésta. En cambio, al momento de realizar una escena en tiempo real, la computadora debe renderizar unas 30 imágenes por segundo.

En las imágenes que se observan, se puede ver la diferencia en el número de polígonos de los dos autos. En el primero se tiene relativamente poco conteo poligonal y los detalles se simulan con textura; en cambio, el segundo modelo contiene alto conteo poligonal y está sumamente detallado, utilizando la textura únicamente para mostrar los logos del chasis.



Figura 17 Modelo 3D de auto en bajo conteo poligonal



Figura 18 Modelo 3D de auto en alto conteo poligonal

Para simplificar el trabajo al momento de crear una escena 3D es importante hacer uso de los recursos que se ofrecen en línea. Existen numerosos sitios en internet que contienen modelos tridimensionales ya creados de prácticamente cualquier cosa (animales, figura humana, casas, aviones, autos, etc). Suponiendo que una empresa que diseña cocinas integrales solicita un diseño 3D de su más reciente modelo de cocina para promocionarlo, en este caso se modelaría toda la concina en 3D, puesto que es un modelo original de la empresa cliente. Sin embargo, todos los accesorios que se requiera desplegar como licuadoras, platos, vasos, sartenes y demás objetos que forman parte de la utilería de detalle pueden ser descargados de la red ahorrando horas de trabajo. Los costos de modelos 3D varían dependiendo de la complejidad de los mismos, incluso existen muchos objetos de buena calidad que se distribuyen de manera gratuita en la red dependiendo del sitio visitado.

A partir de este punto y para efectos de este proyecto, no se hará mayor descripción del proceso específico de modelado 3D puesto que el describir el modelado de un objeto tridimensional en particular implica un desarrollo profundo y especializado que no es materia en este texto. Por lo tanto, es necesario que el lector haya seleccionado ya el software de modelado a utilizar y realice las acciones necesarias para aprender y perfeccionar el uso del mismo de forma que esté familiarizado con él al momento de crear un proyecto de paseo virtual.

# Selección de Herramienta de Modelado Tridimensional.

---

Como se menciona en el capítulo anteriores es necesario el uso de un software modelador de gráficos tridimensionales para la creación de nuestra escena. Existen ya un gran número de estos y dependiendo del objetivo será la elección del mismo. A continuación se muestra una lista de varios modeladores 3D divididos por costos, que puede servir como guía en la búsqueda de los mejores modeladores 3D para un proyecto en específico.

## Gratuitos

### **“Art of Illusion”**

Sitio: [artofillusion.org](http://artofillusion.org)

Licencia: GPL

Sistemas operativos: Cualquiera que soporte Java

Métodos de moldeado: Polygon, NURBS

### **Blender**

Sitio: [blender.org](http://blender.org)

Licencia: GPL

Sistemas operativos: Windows, Mac, Linux, Irix, Solaris, FreeBSD

Métodos de modelado: Polygon, NURBS, Subdivision, Basic Brush Sculpting

### **Wings 3D**

Sitio: [wings3d.com](http://wings3d.com)

Licencia: BSD license

Get Started: Second Life Wings 3D guide

Sistemas operativos: Windows, Mac OS X, Linux (binaries), otros Unixes (source only)

Métodos de modelado: Polygon, Subdivision

### **POV-Ray**

Sitio: <http://povray.org>

Licencia:

Sistemas operativos: Windows/Linux/Mac

Métodos de modelado: N/A

### **XSI Mod Tool**

Sitio: <http://www.softimage.com/products/modtool/>

Sistema operativo: Windows

Métodos de modelado: Polygon, Subdivision, NURBS

## Menos de \$200 dólares

**Archipelis Designer (Archipelis)**

Sitio: [archipelis.com](http://archipelis.com)  
Costo: Aproximadamente 38 Euros  
Sistemas operativos: Windows and Mac  
Versión de muestra: Si  
Métodos de modelado: dibujo sobre fotografía

#### **Amorphium (Electric Image)**

Sitio: [eitechnologygroup.com](http://eitechnologygroup.com)  
Costo: Aproximadamente 38 Euros  
Sistemas operativos: Windows, Mac  
Versión de muestra: Si (Solamente para Mac)  
Métodos de modelado: Brush Sculpting, NURBS, Polygon

#### **AC3D (invis)**

Sitio: [www.invis.com](http://www.invis.com)  
Costo: US\$75  
Sistemas operativos: Windows, Mac OSX 10.4 o más avanzado, Linux (solo x86)  
Versión de muestra: Sí, 14 días.  
Métodos de modelado: Polygon, Subdivision

#### **Hexagon 2.5 (DAZ Productions)**

Sitio: [daz3d.com](http://daz3d.com)  
Costo: Versión completa: \$149 dólares.  
Sistemas operativos: Windows 2000/XP, Mac OS X 10.3 o más avanzado.  
Versión de muestra: Sí.  
Métodos de modelado: Polygon, Subdivision

#### **Moment of Inspiration**

Sitio: [moi3d.com](http://moi3d.com)  
Costo: US\$195  
Sistemas operativos: Windows 2000/XP/Vista  
Métodos de modelado: NURBS, Polygon (Solamente Import/Export)

#### **Silo (Nevercenter)**

Sitio: [nevercenter.com](http://nevercenter.com)  
Costo: \$159 dólares, \$59 (mejora)  
Sistemas operativos: Windows 2000 o más avanzado, Mac OSX 10.3 o más avanzado.  
Versión de muestra: Sí, 30 días  
Métodos de modelado: Polygon, Subdivision

De \$200 hasta \$999 dólares

#### **Zbrush (Pixologic)**

Sitio: [pixologic.com](http://pixologic.com)  
Costo: \$595 dólares(V3.1)  
Sistemas operativos: Windows 98/2000/ZP, Mac OS X  
Versión de muestra: Sí, 30 días

Métodos de modelado: Brush Sculpting, "ZSphere" modeling, Polygon (Import/Export)

### **Lightwave (Newtek)**

Sitio: [newtek.com](http://newtek.com)

Costo: \$895 dólares, \$495 como mejora para Photoshop

Sistemas operativos: Windows XP, Mac OS X 10.3.9 o más avanzado.

Versión de muestra: Yes, 30 day time limit, currently only available with a couple books

Métodos de modelado: Polygon, NURBS con LWCAD 2.1 (costo extra)

Incluye "Texture Baking"

### **Rhinoceros (McNeel)**

Sitio: [rhino3d.com](http://rhino3d.com)

Costo: \$995 dólares, \$300 versión estudiantil.

Sistemas operativos: Windows 2000/XP/Vista (No recomendado) OS X (beta)

Versión de muestra: Sí

Métodos de modelado: NURBS, Polygon (limitado)

### **TrueSpace (Caligari)**

Sitio: [caligari.com](http://caligari.com)

Costo: Toda vez que Caligari recientemente adquirió el software de Microsoft, está dando la última versión de este programa (7.6) totalmente gratis, incluyendo los documentos adjuntos y videos de entrenamiento.

Sistemas operativos: Windows XP/Vista

Versión de muestra: No es necesaria

Métodos de modelado: Polygon, NURBS, Subdivision

### **Modo 302 (Luxology)**

Sitio: [luxology.com](http://luxology.com)

Costo: \$999 dólares

Sistemas operativos: Windows, Mac

Versión de muestra: Yes

Métodos de modelado: Polygon, Subdivision, Brush Sculpting

### **Mudbox (Autodesk)**

Sitio: [autodesk.com](http://autodesk.com)

Costo: \$999 dólares

Sistemas operativos: Windows XP SP2

Versión de muestra: Sí, totalmente funcional.

Métodos de modelado: Brush Sculpting, Subdivision

### **Carrara (Daz)**

Sitio: [daz3d.com](http://daz3d.com)

Costo: \$999 dólares

Sistemas operativos: Windows, Mac (UB)

Versión de muestra?: Yes

Métodos de modelado: Polygon

### **Cinema 4D**

Sitio: [maxon.net](http://maxon.net)

Costo: \$999 dólares  
Sistemas operativos: Windows XP/Vista, Mac  
Versión de muestra?: Sí, Demo  
Métodos de modelado: Polygon, NURBS, Subdivision

## \$1000 o mas

### **Softimage XSI (Autodesk)**

Sitio: [softimage.com](http://softimage.com)  
Sistemas operativos: Windows XP SP2/64 bit  
Versión de muestra: Sí, 30 días.  
Métodos de modelado: Polygon, NURBS, Subdivision

### **Maya (Autodesk/Wavefront)**

Sitio: [autodesk.com](http://autodesk.com)  
Sistemas operativos: Windows XP SP2, Mac OS X 10.4, Linux.  
Versión de muestra: Sí, 30 días.  
Métodos de modelado: Polygon, NURBS, Subdivision

### **3d Studio Max (Autodesk)**

Sitio [autodesk.com](http://autodesk.com)  
Sistemas operativos: Windows 2000/XP, Windows Vista (versión 9.1)  
Versión de muestra: Sí, 30 días versión completa.  
Métodos de modelado: Polygons, NURBS, Subdivision, Basic Brush Sculpting

### **Otros programas para modelar en 3D**

Los siguientes programas pueden ser muy baratos o inclusive gratuitos y fáciles de usar. Lamentablemente ni siquiera se acercan al número de características que ofrecen los modeladores más costosos.

### **MilkShape 3D**

Sitio: [www.milkshape3d.com](http://www.milkshape3d.com)  
Sistemas operativos: Windows  
Métodos de modelado: Polygons

### **Google SketchUp**

Sitio: [sketchup.google.com](http://sketchup.google.com)  
Sistemas operativos: Windows XP/2000, Windows Vista (with OpenGL 1.5 o más avanzado), Mac OS X (10.3.9 o más avanzado)  
Métodos de modelado: Polygon

Para la elección del modelador hay varios aspectos importantes que se deben tomar en cuenta, aunque la comodidad y compatibilidad con el modelador es el principal factor para elegir el correcto. También es muy importante tener en cuenta la compatibilidad del modelador con el motor de juego; esto es, que los formatos 3D que maneje el modelador puedan ser cargados dentro del motor



de juego que se usara sin mayor dificultad. Más adelante se muestran algunos de los formatos más usados en el ámbito de la computación grafica.

Dentro de las distintas opciones que se contemplaron anteriormente, el proyecto para desarrollar el paseo virtual por el palacio de minería se basó en el uso de los programas blender y 3ds max. Dos programas abismalmente distintos en cuanto a precio se refiere, uno es de los más costos y más vendidos del mercado, mientras que el otro es el líder en el modelado 3D en lo que a software libre se refiere.

- Blender es actualmente el rey de los programas de modelado de código abierto. Incluye todas las características de los programas costosos y una comunidad activa de desarrolladores. Es la elección por defecto de la mayoría de las personas. Sin embargo, la interface de blender no es amigable y combinado con la dificultad de encontrar documentación en la web gratuita para su mayor comprensión y facilidad de uso, resulta en una lenta curva de aprendizaje.

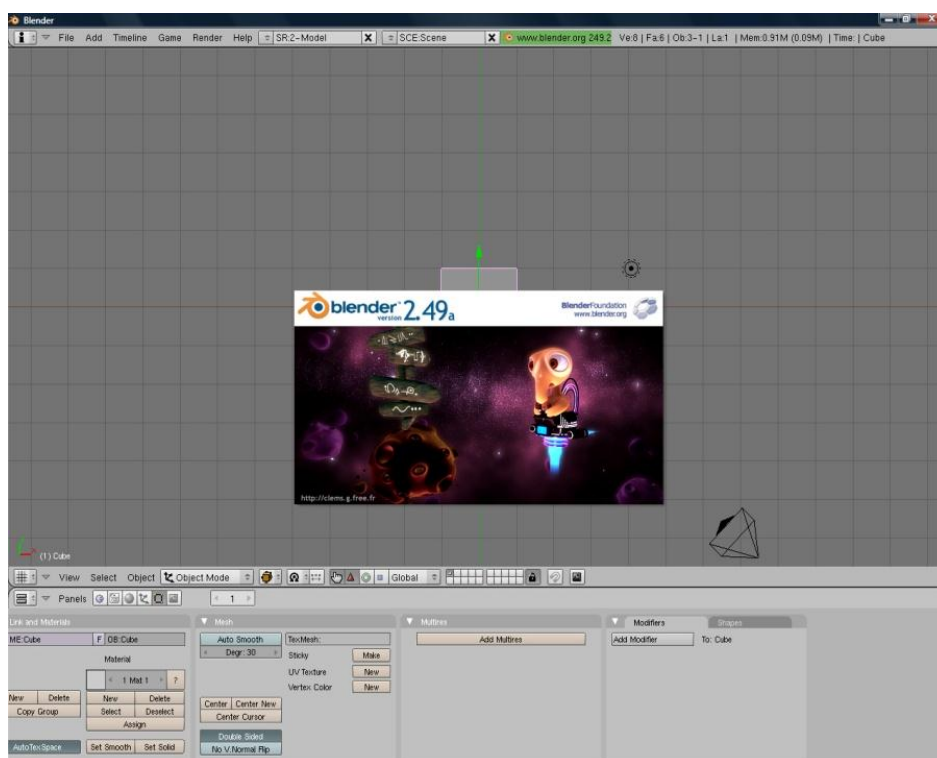


Figura 19 Captura de pantalla del modelador 3D BLENDER 2.49

- Autodesk 3DStudio Max. Formalmente es el principal competidor de Maya para modelado tridimensional, especialmente en la industria de videojuegos. Hace unos años Autodesk (desarrolladores de Max) compraron Alias (desarrolladores de Maya). Hasta ahora la compañía ha estado desarrollando ambos productos a la par y separadamente, comercializando Maya para la industria del cine y Max para la industria de los Videojuegos. Sin embargo, ambos tienen características parecidas y cada vez se acercan más, de forma que no deberá parecer raro que se integren en la proximidad. La elección de Max o Maya generalmente depende de la comodidad del usuario con cada uno, las características de ambos son muy robustas. En nuestro caso, siguiendo las

recomendaciones de Autodesk, seleccionamos Max por su tendencia hacia el tiempo real; además de que Maya posee muchas características de renderizado para video que no sería necesario utilizar para el desarrollo del recorrido en tiempo real.

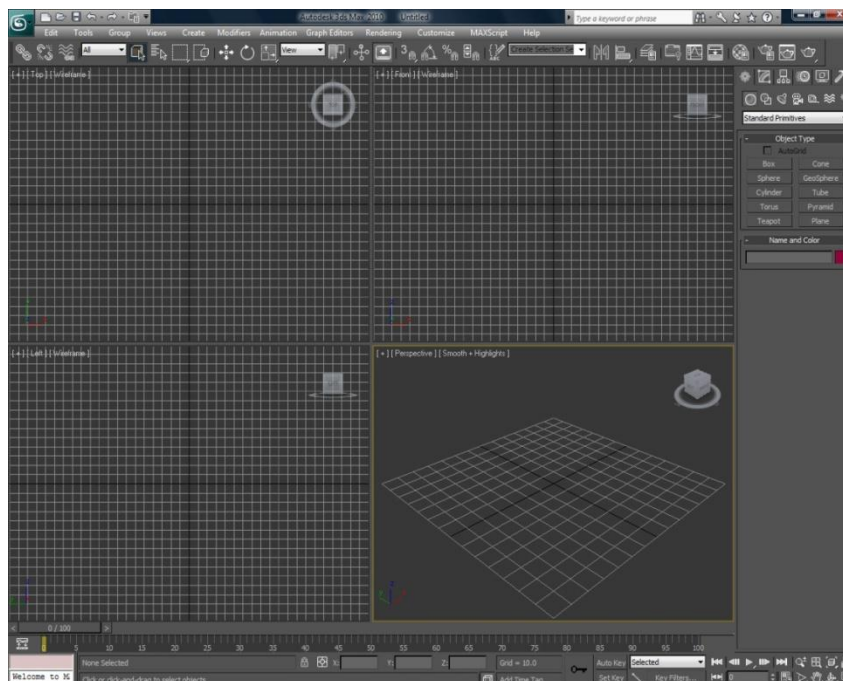


Figura 20 Captura de pantalla del modelador 3D 3DS MAX 2010

# Tratamiento de planos como base para construir modelos tridimensionales

---

Una vez realizado el levantamiento de datos y seleccionado el programa de modelado 3d hay que familiarizarse con el ambiente que se quiere simular para poner manos a la obra.

El primer paso es tener una referencia de donde partir, no resulta fácil encontrar un punto de inicio en un proyecto cuando no se tiene nada todavía en el programa computacional, de forma que se debe comenzar con el ambiente virtual; ya sea adaptar la realidad (en este caso del uso de planos o mapas) a la computadora o definir si ni siquiera es necesario un trazado base para usarse como plataforma en caso de referirnos a una animación ficticia. Como ya se mencionó con anterioridad, si estamos reproduciendo un ambiente real es necesario solicitar los planos o mapas (en caso de áreas naturales) a las personas correspondientes encargadas del recinto o lugar. En el caso del palacio de minería la coordinación proporcionó los planos de todo el recinto para facilitar la elaboración del paseo virtual. Con respecto a los planos se pueden presentar diversa situaciones: que se proporcionen planos digitales (generalmente hechos en un software de diseño CAD como AutoCAD), lo cual es sumamente benéfico y obviamente es en la generalidad el caso deseado; o bien, que se proporcionen planos impresos y sea necesario digitalizarlos. En el peor de los casos, el ambiente a reproducir puede carecer de planos o bien, sea difícil su obtención. En este supuesto, conviene diversificar las tareas y contratar a un especialista en el área que pueda realizar el levantamiento de datos y medidas de terrenos, así como la medición y dibujo del área o edificio a desarrollar. Absorber este tipo de tareas puede aumentar increíblemente el costo y aumentar el tiempo traduciéndose en un poco grado de productividad y con posibilidades de arrojar resultados poco útiles para el proyecto.

Ya que se tienen los planos o mapas físicamente es necesario importarlos al programa de diseño. A continuación se detalla el proceso para poder pasar un plano impreso a un plano digital para obtener el trazado que se usara de base para el moldeado. En caso óptimo de que se cuente con planos digitales no será necesario que el lector analice la siguiente información, pudiendo saltar hasta el punto en donde ya se tiene la información digital.

## Tratamiento de planos impresos.

En la actualidad la ausencia de planos digitales es poco común, sobre todo tratándose de construcciones modernas; ya sea una casa habitación, hasta grandes edificios. Sin embargo, al referirnos a construcciones históricas tales como haciendas, conventos, monumentos, etc. Lo que generalmente se encuentra en registros y documentos es, en el mejor de los casos, planos en

papel. Una vez obtenido el plano impreso hay que digitalizarlos, existen varios escáneres capaces de digitalizar planos de gran tamaño en papelerías especializadas; o bien, dependiendo de la calidad que se requiera y según el objetivo del paseo virtual, puede usarse una cámara digital de uso común hoy en día.

Los planos impresos proporcionados por la Coordinación del Palacio de Minería para la realización del proyecto fueron los siguientes.

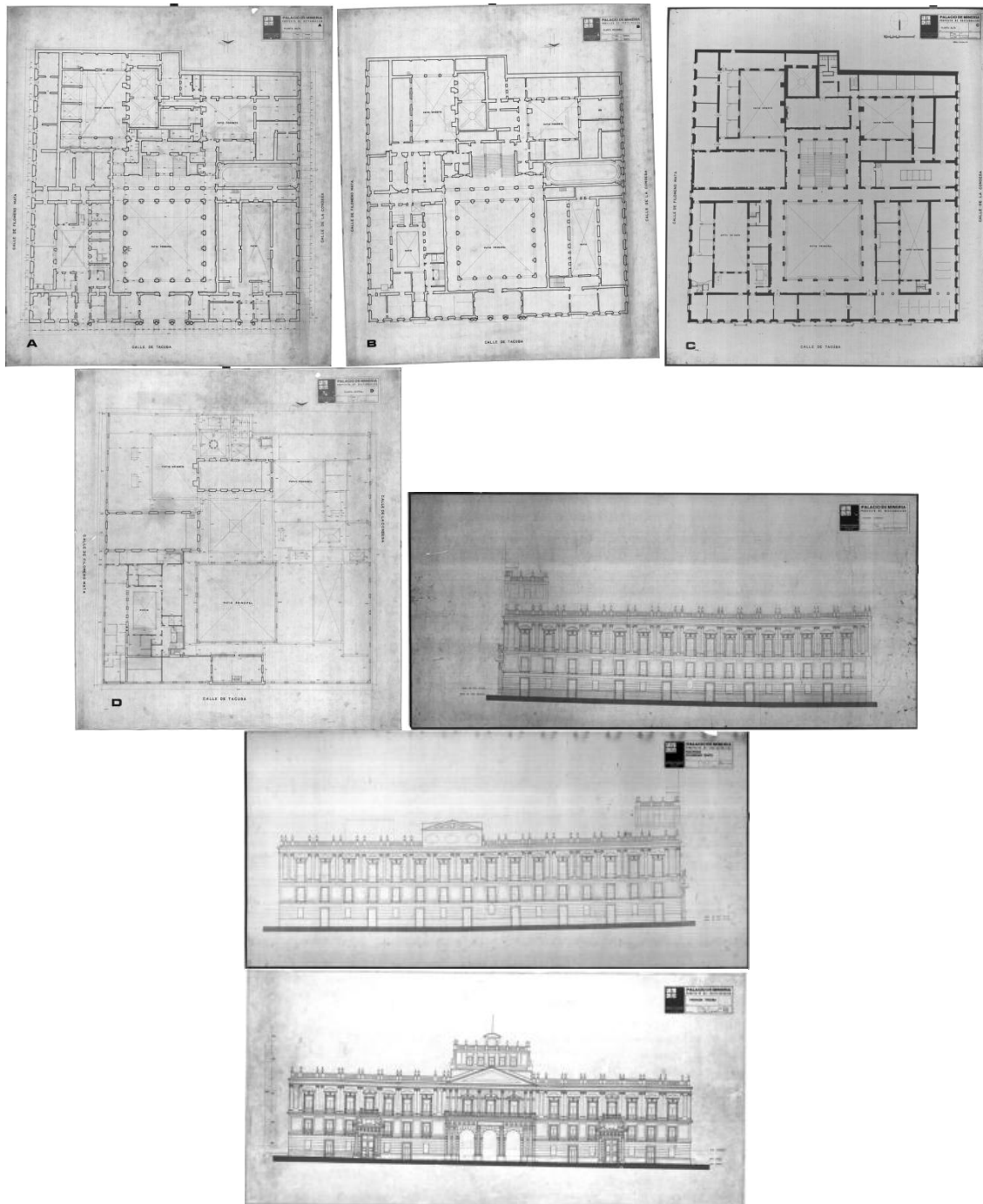


Figura 21 Escaneo de planos impresos proporcionados por la coordinación del Palacio de Minería.

Como se puede observar en las imágenes antes expuestas, existen errores de escaneo, por lo que es necesario editarlos con un software de edición de imagen, de forma que se pueda corregir la visibilidad, contraste, brillo y ajustar las líneas que se suponen deben de ser rectas. Los errores son muy frecuentes al digitalizar planos. Estos tienen distintas causas que van desde una complicación directa con el aparato y la forma en que se están digitalizando, hasta defectos derivados del maltrato del papel.

Es necesario, dentro del editor de imagen, limpiar lo más posible las imágenes de los planos: corregir errores de inclinación y recortar todo aquello que no sea necesario. Es conveniente reducir el tamaño de la imagen para facilitar el manejo una vez que sea cargada dentro del modelador, las imágenes muy grandes implican muchos recursos de la computadora cuando se ingresan en el programa modelador en 3D.

En las figuras 22 y 23 se puede apreciar el plano de la planta baja del palacio de minería. El que no ha sido modificado a partir del escaneo original se encuentra del lado izquierdo y a la derecha se observa el mismo plano ya tratado en un editor de imagen.

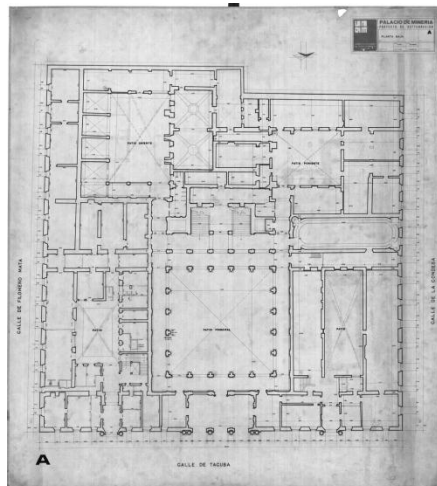


Figura 22 Plano escaneado, planta baja Palacio de minería

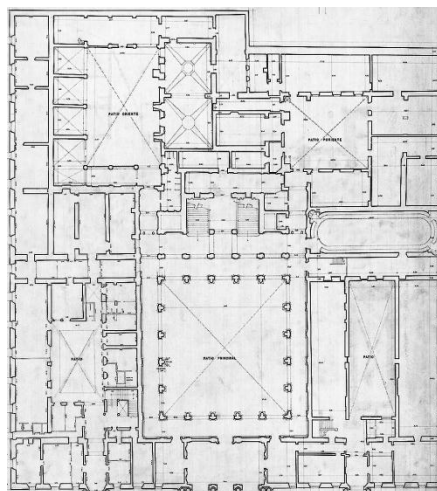


Figura 23 Plano limpio tratado con un editor de imagen , planta baja Palacio de minería

Ya que ha sido obtenida la imagen digital corregida de los planos es necesario cargarlas dentro del modelador, de modo que sean usadas de referencia. Esto se hace creando una primitiva “plano” con proporciones iguales a las de la imagen corregida de los planos impresos. Es posible (dependiendo del software usado) que el programa automáticamente tome los planos de referencia de manera directa sin la necesidad de agregar primitivas.

En el caso concreto del palacio de minería fueron suministrados planos con las distintas plantas, así como de la fachada que conforma el palacio. Imágenes que sirvieron de base para la elaboración del proyecto.

### Tratamiento de planos digitales

En dado caso de que hayan obtenido varios planos impresos del lugar, es necesario (como ya previamente se había sugerido) cargar todas las imágenes en el modelador usando líneas y duplicar los planos con “splines”. En otras palabras, se deben redibujar los planos dentro del modelador en base a líneas. Estas deben contener el menor número posible de vértices y formar lazos cerrados de tal manera que las normales de los muros tengan el sentido correcto (Como se muestra en la siguiente imagen).

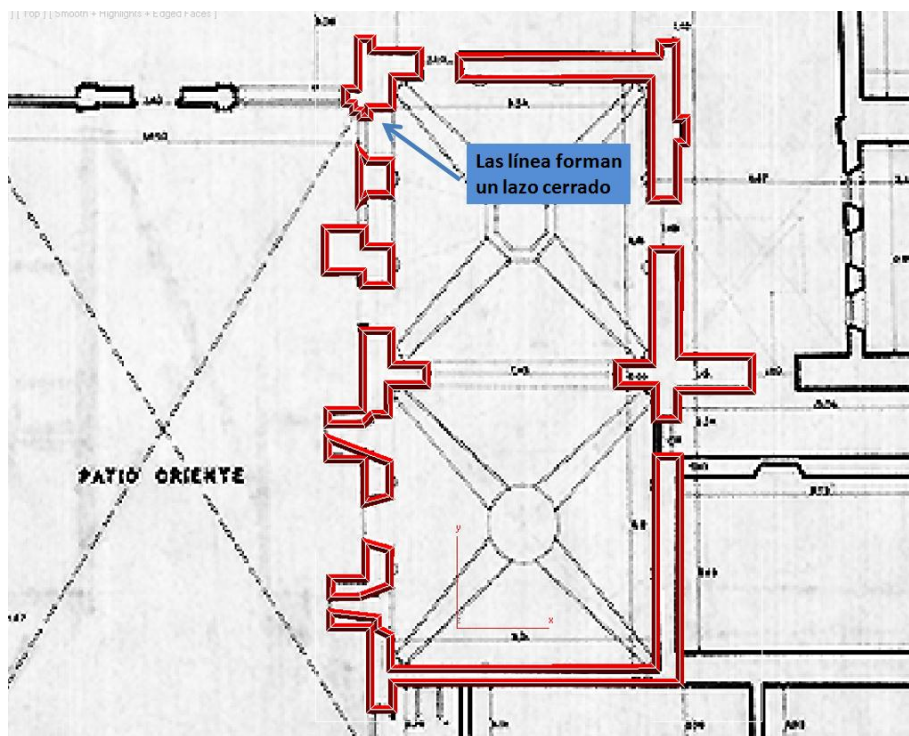


Figura 24 Líneas de lazo cerrado creadas desde un modelador 3D usando como base planos escaneados

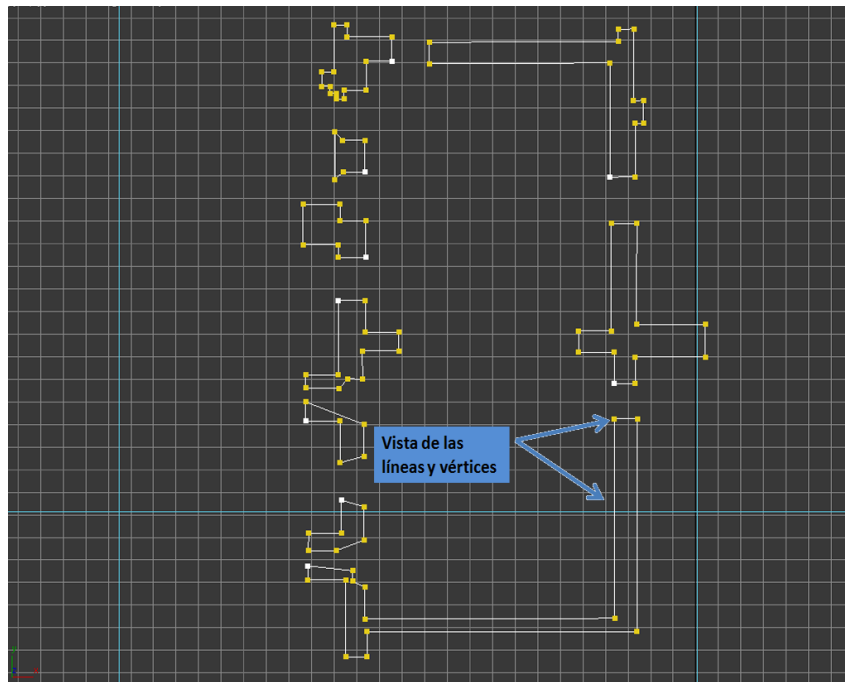


Figura 25 Las líneas forma un lazo cerrado, vista de líneas y vértices

En este caso, para ejemplificar de una manera mucho más sencilla, nos enfocamos únicamente en el salón bicentenario del palacio de minería.

Una vez trazado todo el plano se debe revisar que todos aquellos espacios destinados a ventanas, puertas, arcos, etc. Se encuentren libres, pues es altamente recomendable que estos sean modelados aparte y posteriormente agregados al modelo. Como previamente se recomendó, la cantidad de vértices y líneas deben ser las menores posibles para que el modelo tridimensional sea óptimo, como es el caso de un cuadrado que asemeje un muro, este debe tener 4 líneas y cuatro vértices, no tiene sentido que sean más si su arquitectura no lo requiere.

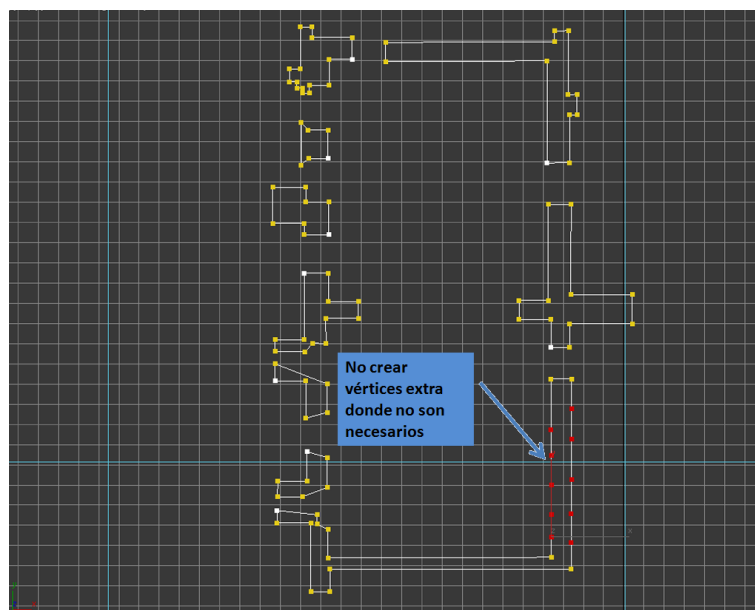


Figura 26 Vértices innecesarios

En el caso de haber hecho todo el proceso de dibujo en base a imágenes impresas, a este punto deben estar listas la totalidad de las mismas. Sin embargo, ¿Qué habrá que hacer cuando se proporcione información digital? Si caemos en este supuesto y tenemos únicamente información en algún formato digital hay que darle el tratamiento adecuado para que podamos usarlos de base en el modelado tridimensional.

El primer punto en el que se debe poner atención es la portabilidad de los planos que nos fueron proporcionados para que puedan ser importados dentro del modelador. Para esto hay que hacer una lista de los diferentes formatos a los que pueden ser exportados los planos desde el software donde fueron creados y también una lista de los formatos que se pueden importar desde nuestro modelador. Una vez hechas estas listas es muy probablemente que se encuentren más de un formato que coincida entre las dos, en este caso es recomendable leer la lista de los diferentes formatos y las características que tiene cada uno para buscar el que se adecúe más a las necesidades del proyecto en específico. En el caso del palacio de minería la coordinación nos proporciono planos digitales realizados en AutoCAD y el modelado se realizo como ya mencionamos en 3DS MAX, ambos son elaborados por AUTODESK por lo que fue simple la importación del modelo, solo se tuvo que importar desde 3ds Max los archivos en formato \*.dwg.

El primer problema que puede encontrarse en la práctica al usar este tipo de imágenes para el diseño es que la mayoría de los planos digitales están principalmente realizados por arquitectos e ingenieros civiles, y toda vez que no fueron creados para usarse en tres dimensiones la mayoría presenta información e imágenes no necesarias para el proyecto que pueden ser catalogados como suciedad. Ya que ha sido importado el modelo se pueden observar un grupo de líneas situadas en un mismo plano, incluyendo muchas figuras usadas para representar elementos que no son de interés para la finalidad que se busca, como son, arboles, muebles, tipos de paredes, etc. Todas aquellas líneas representadas gráficamente y que no son muros, columnas o elementos que conformen una construcción en “obra negra” deben ser eliminadas.



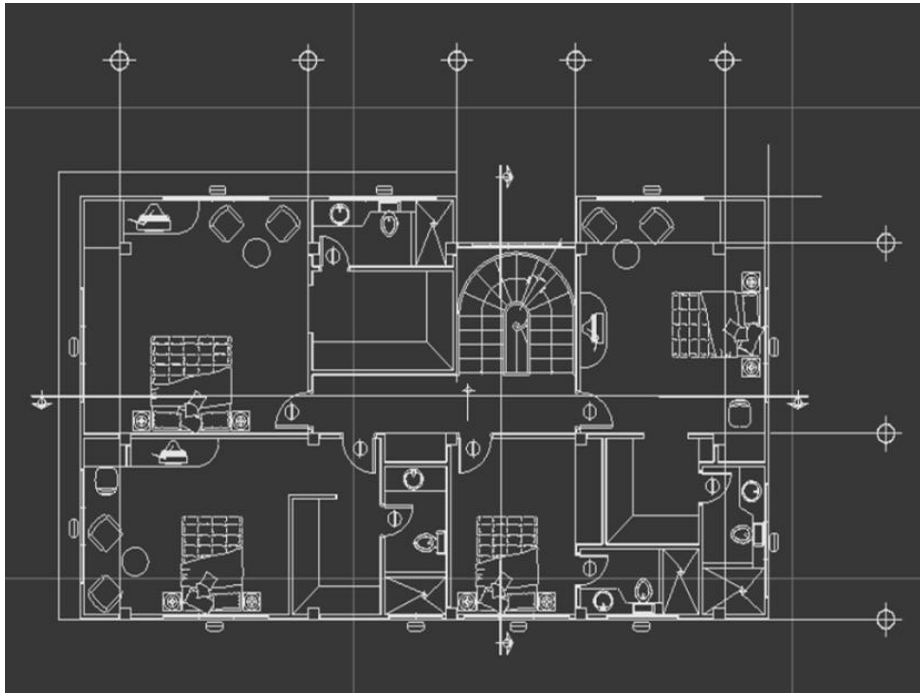


Figura 27 Plano digital generado en un programa de CAD

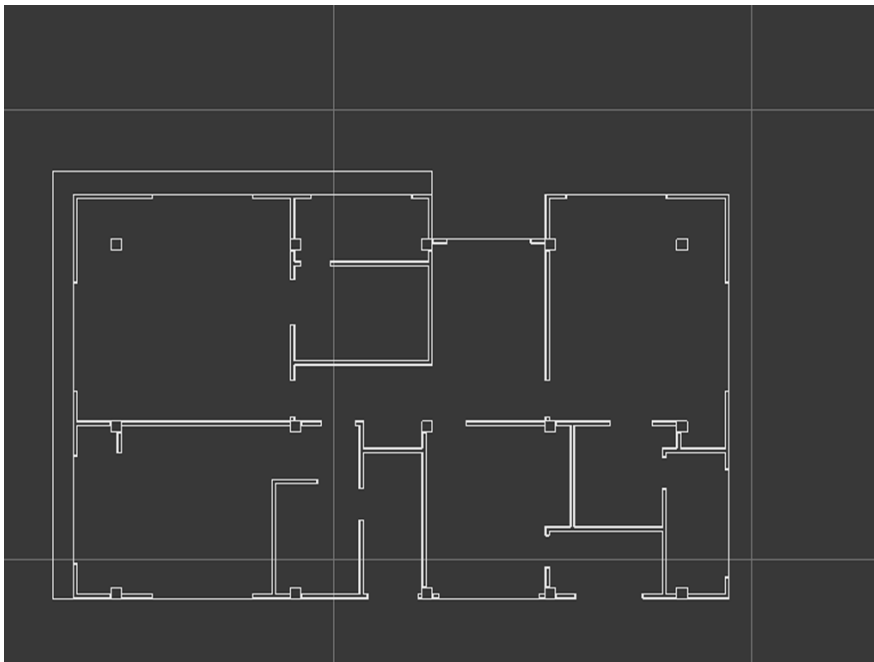
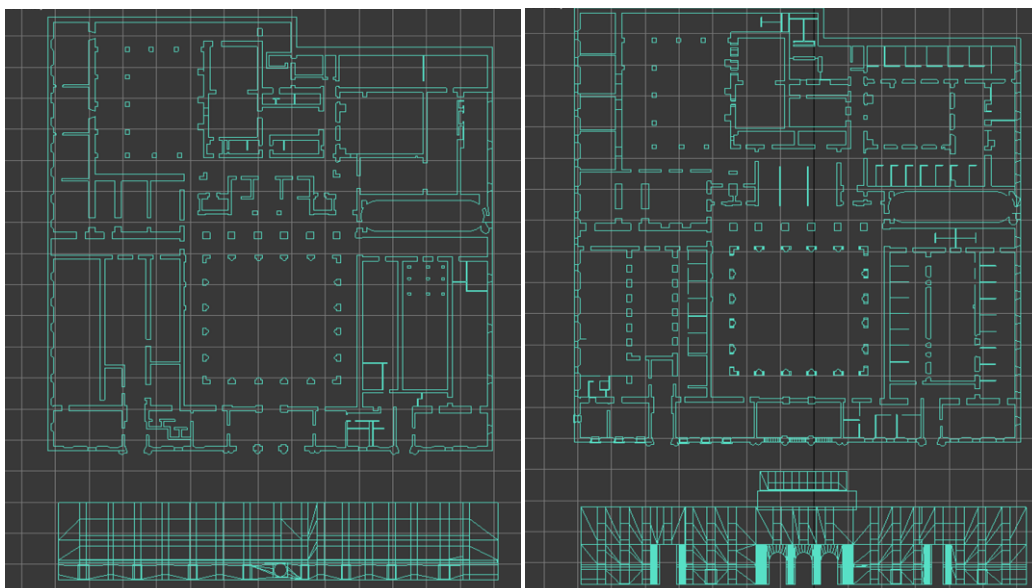
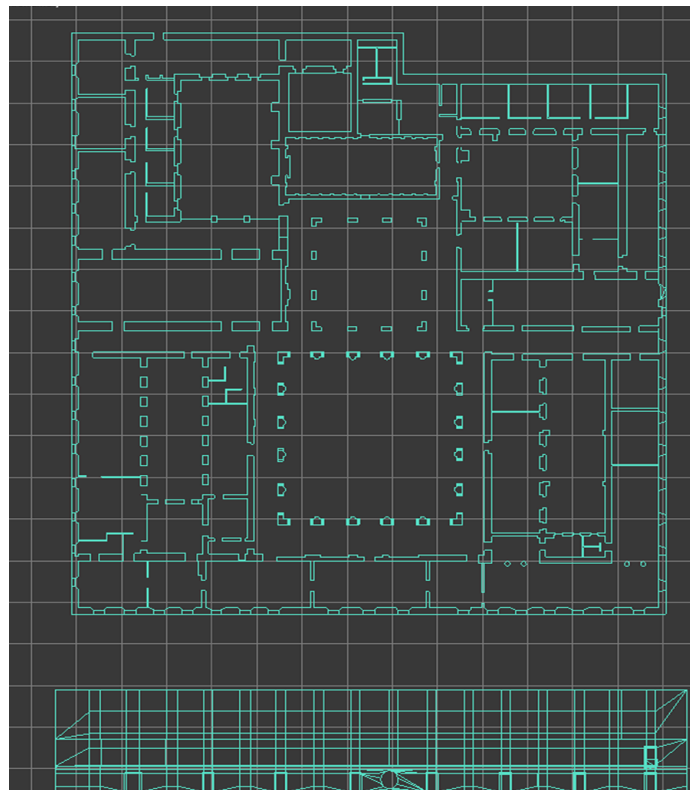


Figura 28 Plano generado en un programa CAD adecuado para modelado 3D

Cuando se han eliminado todas aquellas líneas que ensucian la base y borrados los elementos decorativos, guías y vértices duplicados debe quedar un resultado semejante al presentado en la figura 27.

Una vez generados todos los planos, estos deben ser alineados y rotados para formar la base del modelado 3D. Una buena alineación permitirá corregir errores y facilitar enormemente el modelado. En las siguientes imágenes se pueden apreciar los diferentes planos de minería ya digitalizados, sin elementos innecesarios y alineados.



**Figura 29 Planos digitales listos para modelado 3D**

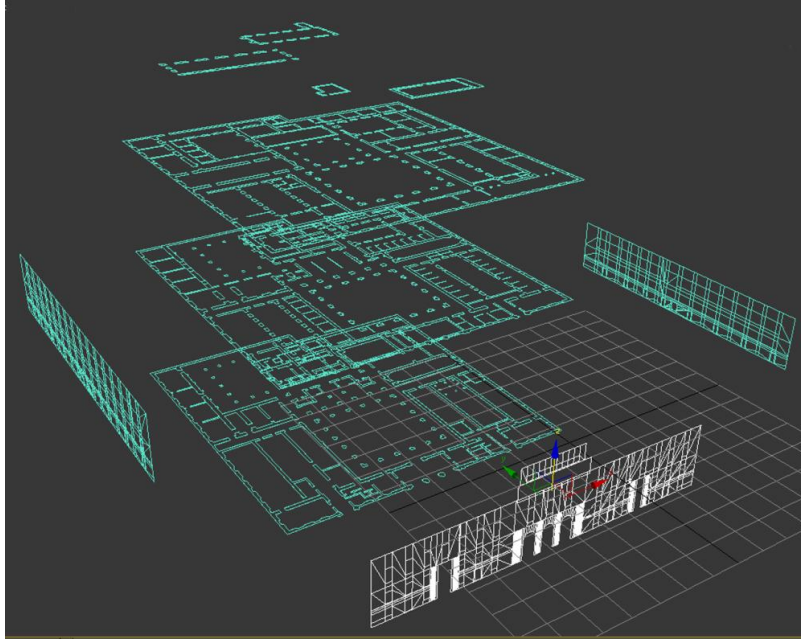


Figura 30 Planos digitales listos para modelado 3D correctamente orientados

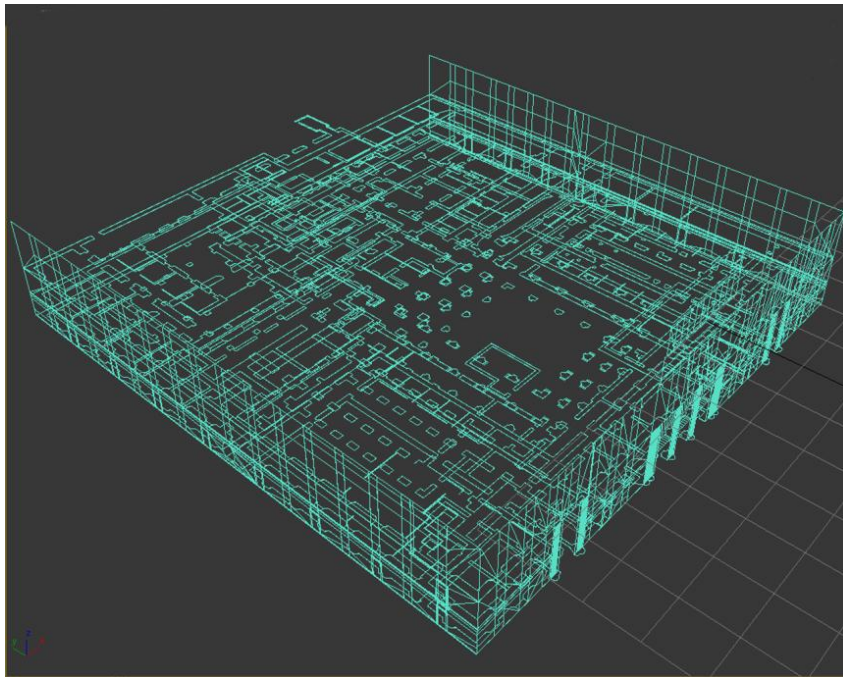


Figura 31 Planos digitales listos para modelado 3D alineados

# Toma de fotografías y levantamiento de datos para resolver limitantes de los Planos.

---

Por muy detallado que sea un plano, éste no podrá proporcionar todos los datos visuales que se mostraran en el recorrido virtual. Es por eso que son necesarias las fotografías de referencia que previamente fueron tomadas en todos los espacios que se mostraran en el recorrido virtual. Se recomienda limitar el uso de video pues resulta complejo y en cierta forma inútil buscar tomas exactas dentro de una secuencia y generalmente el video es de menor resolución que una fotografía. Es preciso aclarar de igual manera, que no es necesario dedicarle tanto tiempo a las fotografías de referencia ni buscar demasiada calidad en las mismas. Se toman estas imágenes de los espacios de tal forma que no se pierda ningún ángulo visual (teniendo nula confianza en la memoria visual del equipo humano de desarrollo). Por ejemplo, cuando fotografiamos un cuarto para referencias se deben tomar todos los ángulos de todas las paredes, techo, suelo, sin escatimar en el número de las mismas; pues entre más información se tenga será más difícil caer en un error por omisión visual.

Resulta importante llevar un registro de las fotografías y donde fueron tomadas, pues existen edificios donde fotos de diferentes lugares resultan muy parecidas entre si y pueden confundirse unas con otras. Por lo que definir el lugar al que corresponden puede evitar una confusión posterior o un error al momento de recrear el edificio o lugar.

Es recomendable que todos los miembros del equipo de desarrollo visiten y estudien lo más detallado posible el espacio a ser recreado para tener noción de tamaños, proporciones y demás elementos que sean de utilidad para poder recrear lo más posible la sensación de inmersión en el espacio real.

A continuación se muestran algunas fotos de referencia de la fachada del palacio de minería.



Figura 32 Fotografías de referencia de la fachada

# Modelado en bajo conteo poligonal.

Una vez determinado lo que se pretende emular y a qué grado de detalle se realizara, se procede a realizar el modelado. Este paso debe realizarse con el menor número de polígonos posible. El modelado en bajo conteo poligonal es una técnica que resulta de gran utilidad, al reducir la cantidad de procesos que debe hacer la computadora, también resultan convenientes los modelos de bajos polígonos para facilitar el manejo de los escenarios virtuales, como su texturizado, manejo de física, materiales, etc.

Siempre hay que tener presente el número máximo de polígonos que podemos manejar en una escena y una vez determinado este hay que definir la cantidad de polígonos por cada elemento que la conforman. Es preciso que el diseñador no use polígonos innecesarios. Como se muestra en las figura, no tiene caso subdividir una figura como el cilindro que se ejemplifica, ya que el resultado final no varía visualmente en gran medida al reducir el número de lados de 36 a 12. De igual manera, el subdividir cada cara de un cubo solamente se traduce en mayor carga de procesamiento para el equipo,

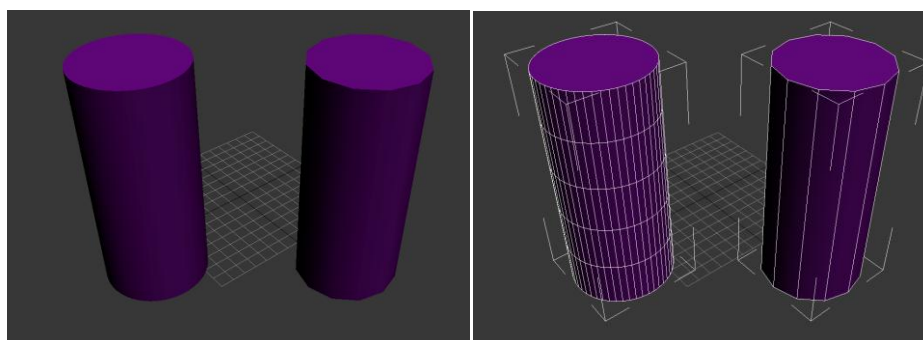


Figura 33 Cilindros de iguales medidas y diferente conteo poligonal

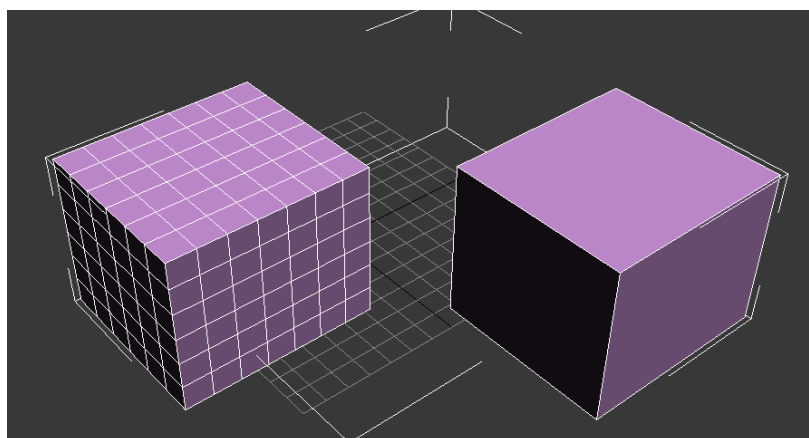


Figura 34 Vista en maya dos prismas con diferente conteo poligonal

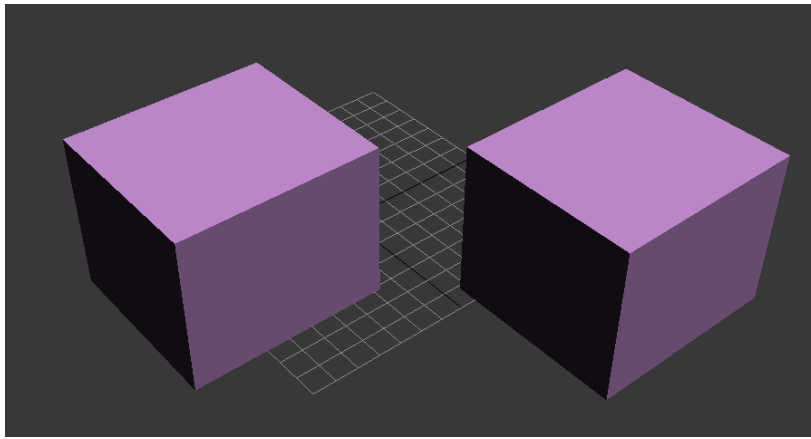
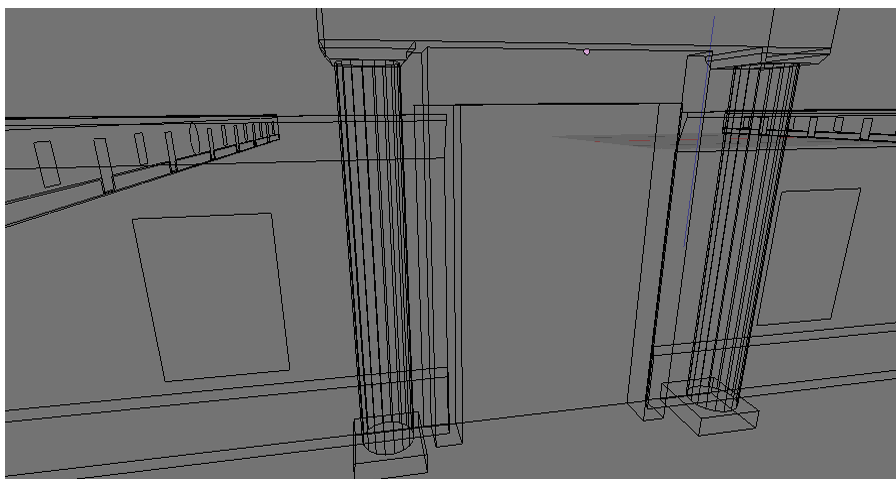


Figura 35 Vista en solido de dos primas con diferente conteo poligonal, el resultado visual es el mismo.

Para realizar un modelado en tiempo real hay que definir bien lo que se debe modelar y lo que puede ser simulado con texturas. Para una mejor comprensión de este punto se utilizará como ejemplo una pared de la fachada del palacio de minería. Ésta se encuentra compuesta de ladrillos, sin embargo sería absurdo y ocioso modelar uno por uno para construirla. Ni siquiera es necesario hacer el modelado de los bordes que sobresalen. En lugar de ello, es conveniente usar una textura mapeada en un plano como se muestra en las siguientes imágenes.



Figura 36 Foto de referencia, fachada palacio de minería



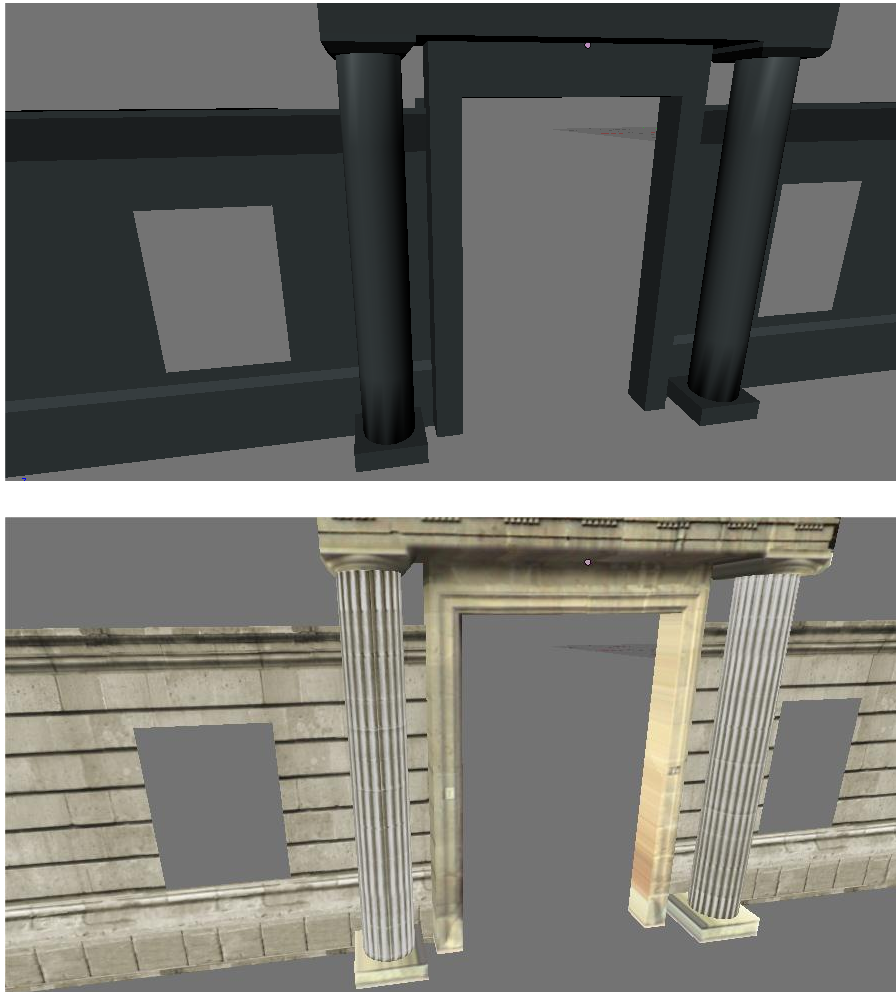


Figura 37 Vistas en maya, solido y textura, porción de fachada del plació de mineria

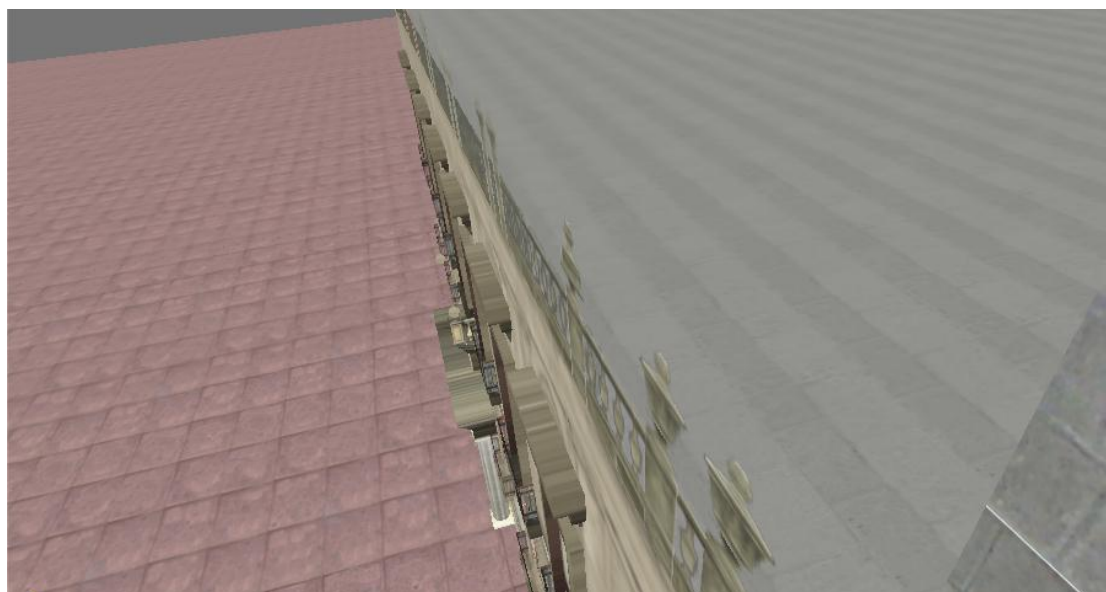
En la imagen se puede apreciar como las ranuras de la pared y de las columnas no están modeladas. En este caso el uso de la textura ayuda a hacer la ilusión de que lo están.

Los objetos lejanos al punto de vista del usuario pueden tener muy pocos polígonos ya que después a una determinada distancia el usuario no percibirá un alto grado de detalle. Tal es el caso del barandal superior del palacio de minera, el usuario no podrá apreciarlo desde arriba, siempre se moverá en niveles inferiores al techo del edificio, por lo tanto no conviene modelar a detalle. De hecho, existe la posibilidad de solamente usar un plano.



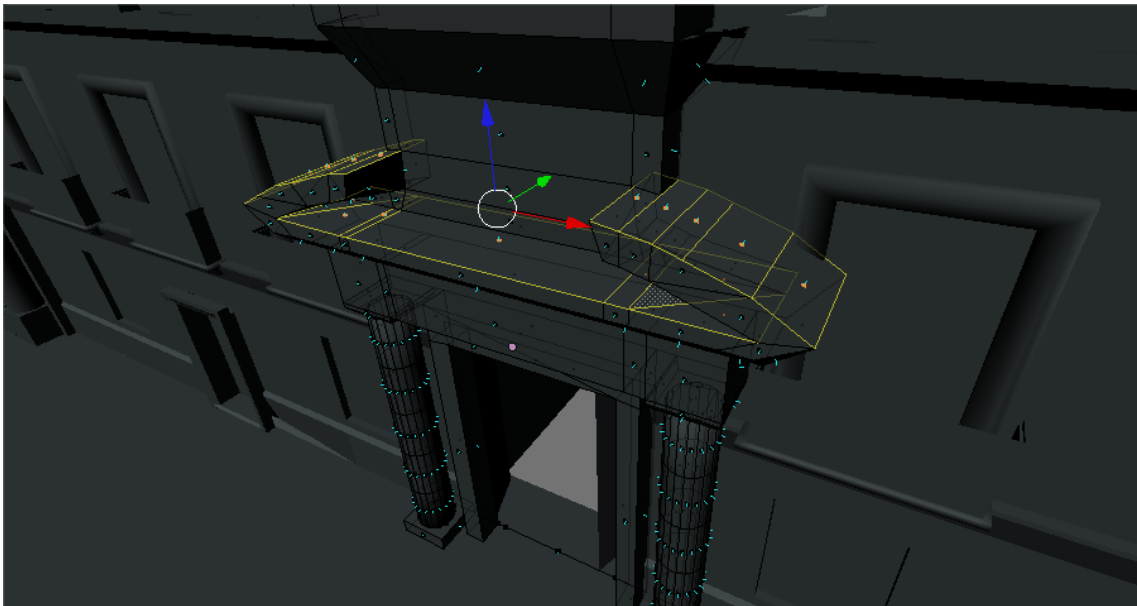
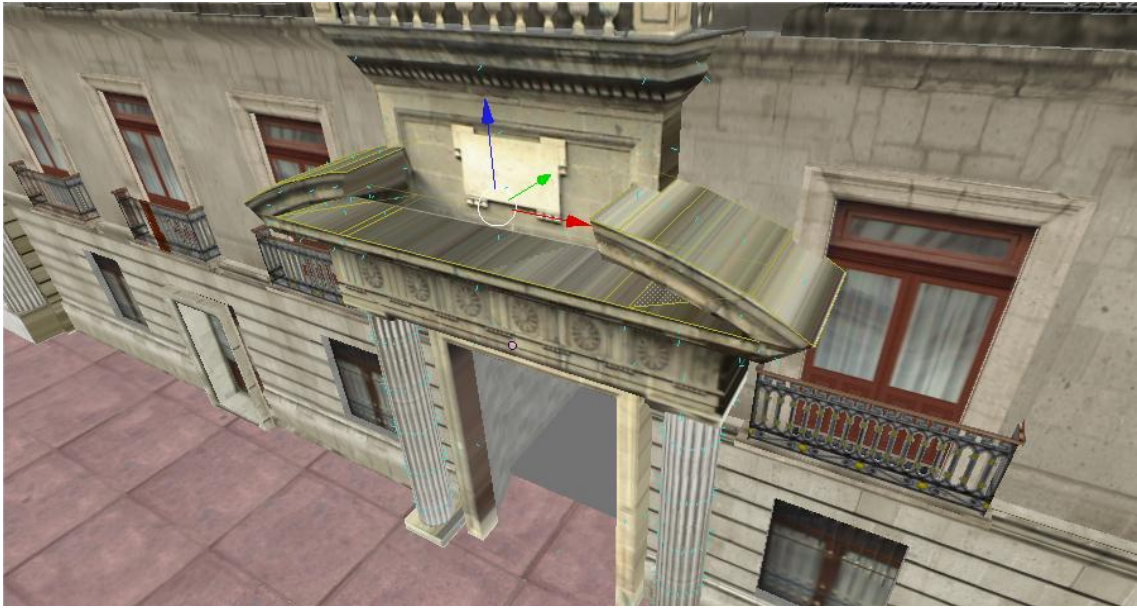


Figura 38 Vista frontal a distancia del barandal superior, el detalle no es percibido.



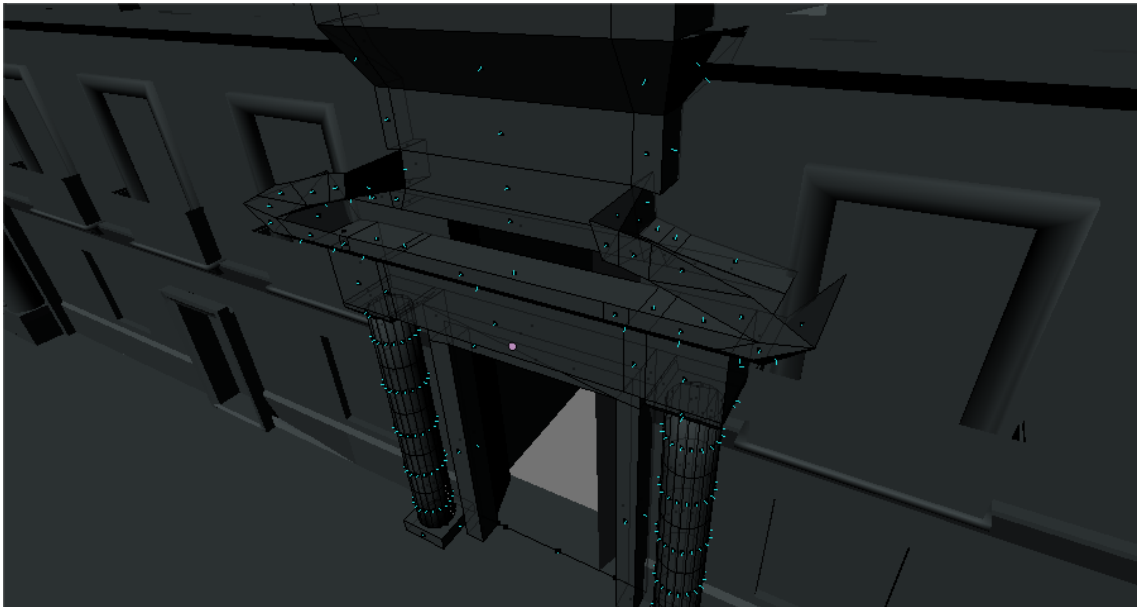
**Figura 39 Vista cercana del barandal superior dentro en el modelo 3D**

Como se puede observa en la Imagen figura 40, existen polígonos que forman parte de la arquitectura del edificio, sin embargo, por el punto de vista del usuario este nunca los verá y pueden ser ahorrados a la hora de realizar el modelado.



**Figura 40** Vista de los polígonos no visibles a nivel del suelo y que pueden ser borrados

En la figura 40 que arriba se muestra, se señalan todas aquellas caras que pueden ser borradas u omitidas sin perjudicar el resultado final dentro del paseo virtual.



**Figura 41** Polígonos innecesarios ya borrados

En las imagenes anteriores se puede observas las caras innecesarias ya borradas.



Figura 42 Vista a nivel del suelo que tendrá el usuario

Desde una perspectiva a nivel de suelo nos podemos cerciorar que desde la vista del usuario no se percibirá cambio alguno o modificación sustancial que pueda ser perjudicial al proyecto.

Un error muy común al modelar es generar geometría interna, esto es, crear polígonos dentro de una figura que nunca serán vistos por el usuario. Es muy importante realizar modelos limpios de este tipo de errores cuando se diseña y poner una atención aun mayor cuando se modela para tiempo real.

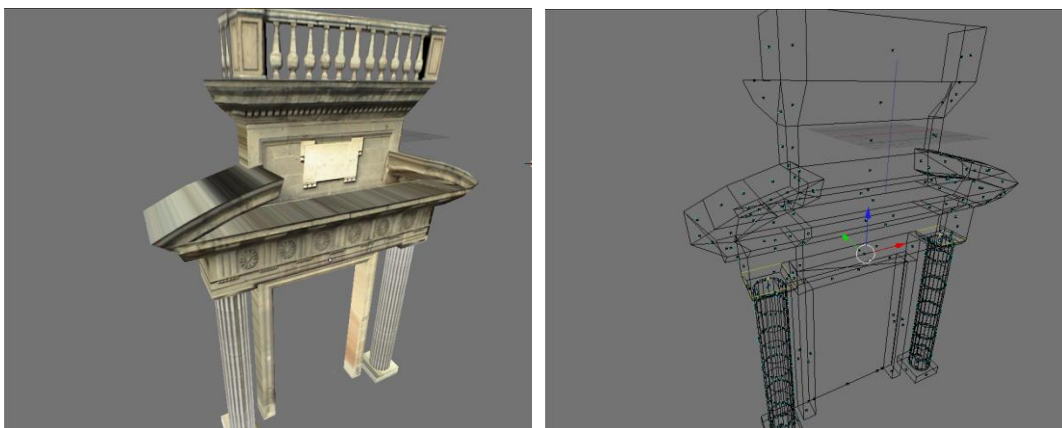


Figura 43 Imagen en textura y maya del marco de una puerta de la fachada del placio.

En la imagen se observa como las caras donde las columnas se juntan con la arquitectura no son necesarias pues representan geometría interna y deben ser borradas. Se debe recordar que aunque es información sin utilidad práctica para el proyecto, la computadora procesará todas ellas pese a que nunca serán vistas por el usuario

Para determinar correctamente el número máximo de polígonos es importante conocer las técnicas y conceptos que se manejarán en los siguientes temas como texturización, bump mapping, características del motor de juego, etc. Debido a esto, es recomendable que antes de avanzar se tenga un entendimiento pleno de los temas hasta ahora planteados antes de intentar determinar el número máximo de polígonos.

# Modelado Tridimensional a partir de los planos digitales o impresos.

---

Hasta este punto se han generado ya los planos con splins dentro del programa modelador. Dependiendo de la complejidad del escenario que se recreará, será el número de planos que se manejen. En la mayoría de los casos se tendrán al menos dos tipos de planos: de planta y fachadas. Antes de iniciar hay que ordenar los planos de planta para que estén alineados adecuadamente uno sobre otro según el nivel que representan, además de rotar y colocar adecuadamente los planos de fachada.

Como ya se explicó, la forma en que se modela depende mucho de los desarrolladores, por lo que solo se presenta una versión personal basada en la experiencia del autor.

Con los planos limpios generados con splins dentro de nuestro modelador y alineados adecuadamente, hay que empezar a darle volumen a todo el escenario.

Se realiza la extrusión de todas las líneas de los planos en planta hasta la altura que deben tomar los muros según los planos de las fachadas como se muestra a continuación.

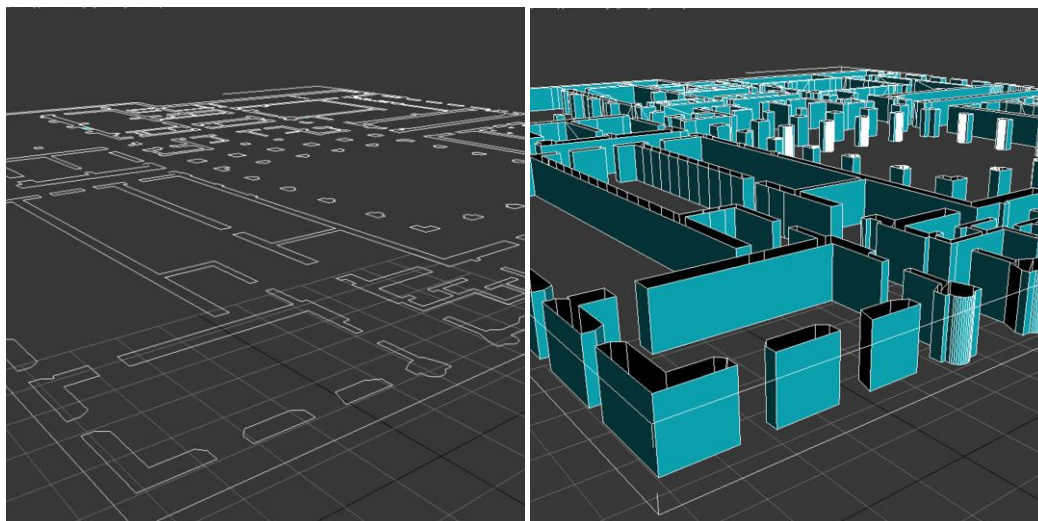


Figura 44 Vista de las líneas del plano dentro del modelador y su respectiva extrusión.

Ya que se han extruido todos los niveles del escenario, éstos se dividen horizontalmente según se necesite para crear las trabes de ventanas y puertas.

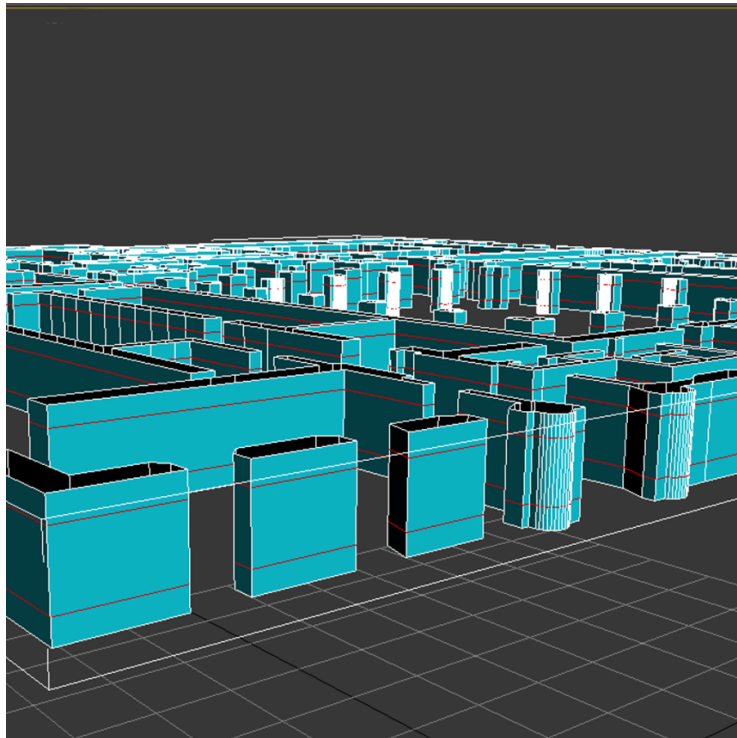


Figura 45 Plano extruido y dividido horizontalmente en 3 partes

Ya que ha sido terminado este paso es necesario crear el suelo de cada nivel. Puede sonar sencillo en una primera instancia, sin embargo, se complica por el hecho de que pueden existir espacios que comprenden más de un nivel y deben existir huecos y variaciones de nivel de cuarto a cuarto. Ejemplo claro de esto son los cubos de escaleras, puesto que cada uno comprende al menos dos niveles de construcción. Este tipo de problemas fueron recurrentes en el proyecto del palacio de minería.

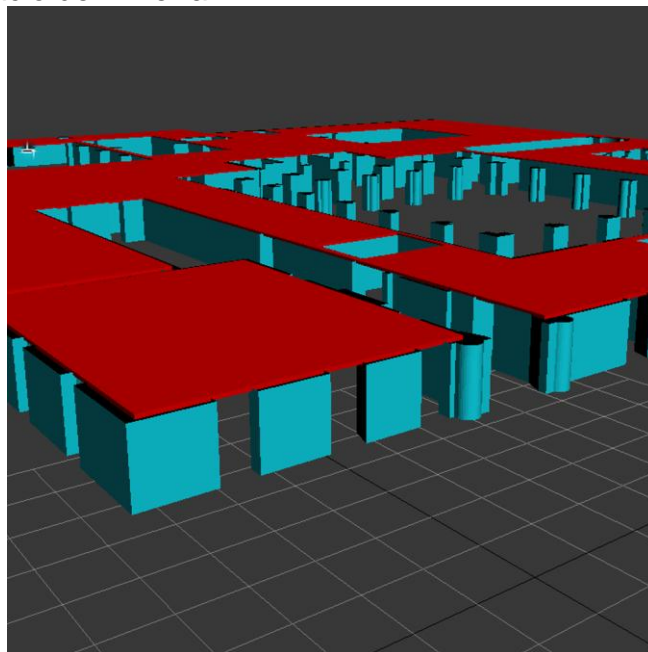


Figura 46 Suelo primer piso



El último paso de esta primera etapa de modelado es crear las partes horizontales de las ventanas y puertas. Simplemente hay que dividir las líneas laterales que conforman el marco de la puerta o ventana y colocarlas a la altura correcta para crear los polígonos necesarios.

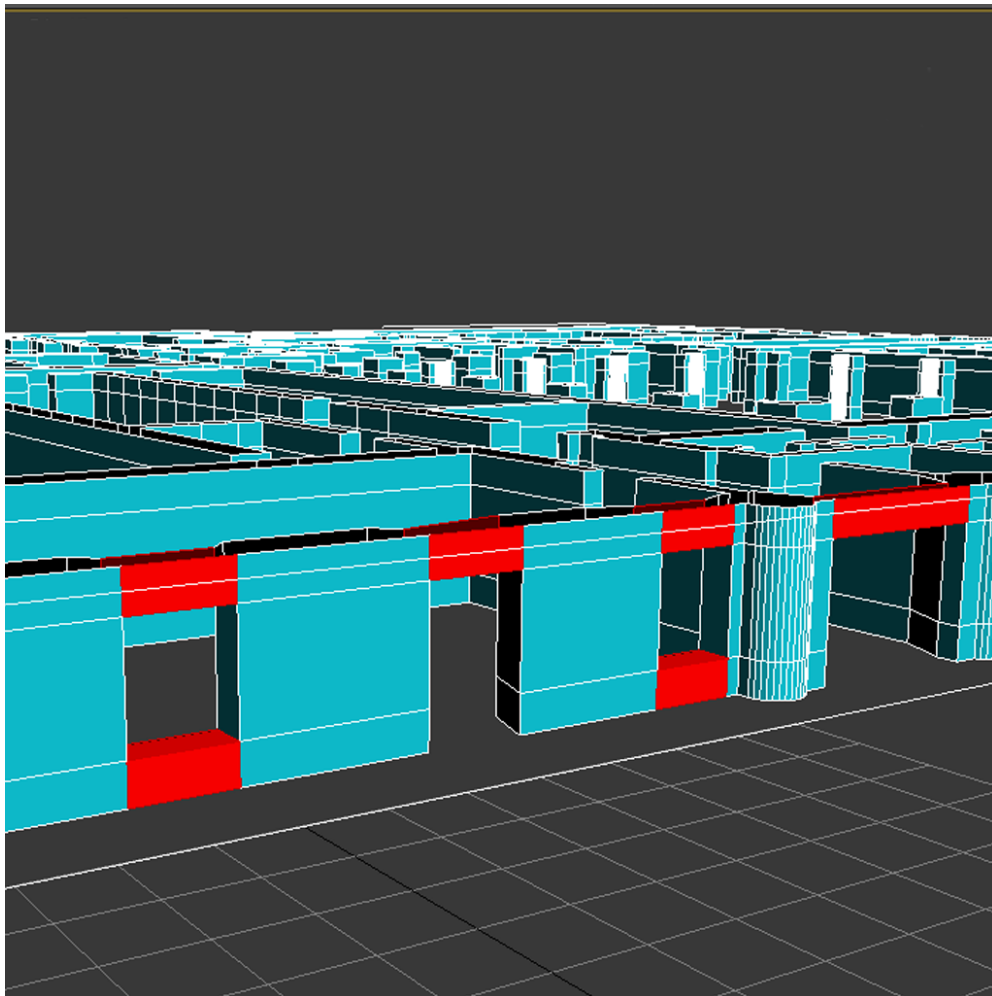


Figura 47 Creación de marcos de ventanas y puertas

Al realizar todos estos pasos en todos los niveles debe obtenerse como resultado un edificio completo en “obra negra”.

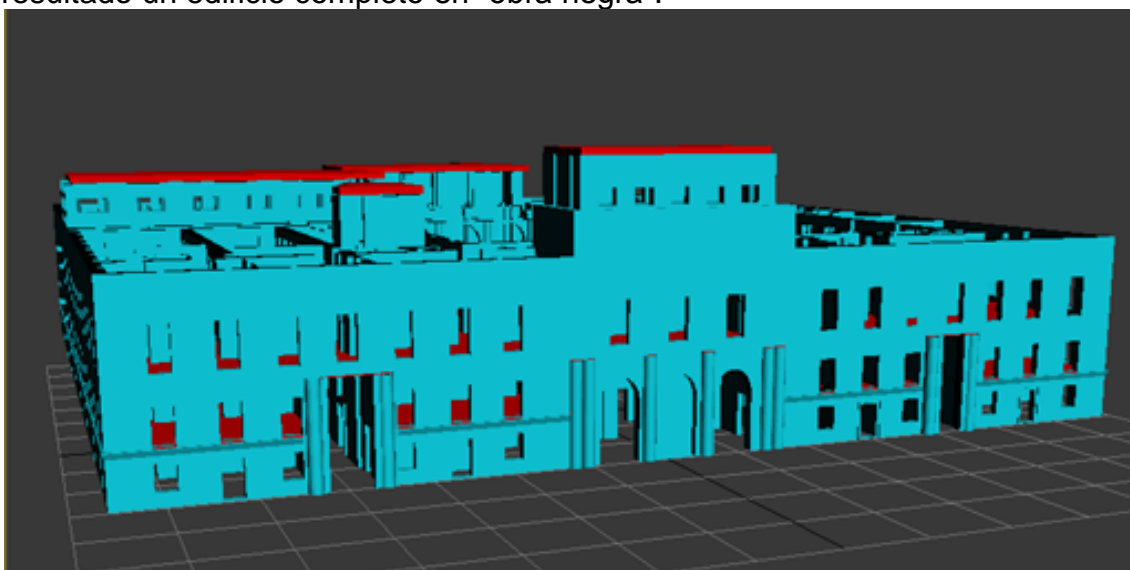
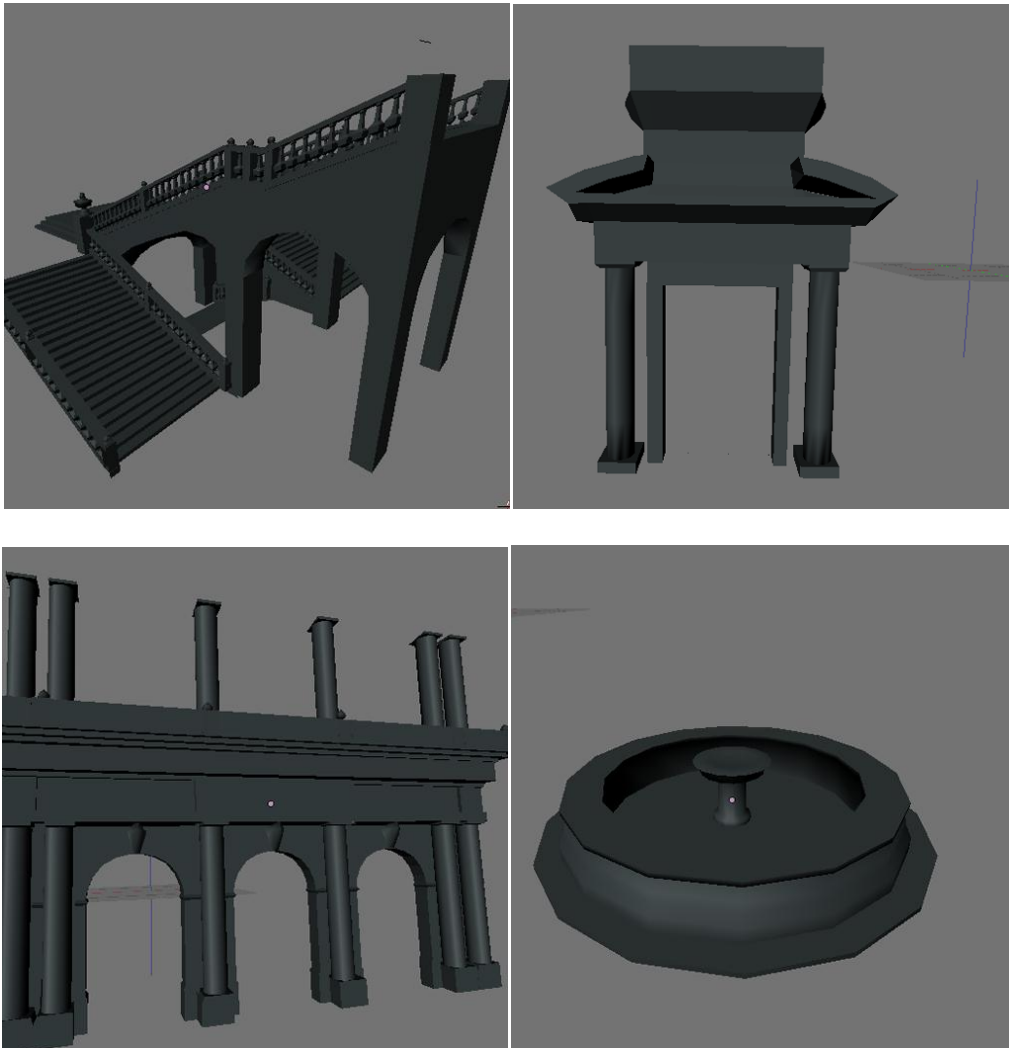


Figura 48 Modelado base completo del palacio

Lo siguiente es crear todos los detalles y objetos que contendrá la escena usando como base las medidas del modelo en “Obra negra” y reiterando que cada uno de los objetos que creamos deben contener el menor número de polígonos posibles.



**Figura 49 Modelos 3D de detalles a ser agradas**

Es recomendable crear un inventario de objetos y detalles ya que es muy común que los objetos como puertas, lámparas, ventanas y decoraciones se repitan.

En la imagen siguiente se muestra como se modeló una ventana de la planta superior de la fachada y simplemente se copia para todas las demás, esto es lo que se debe aplicar a todos los demás detalles de modelado. Siempre y cuando no exista una diferencia sustancial dentro de las ventanas o artículos que se repiten.

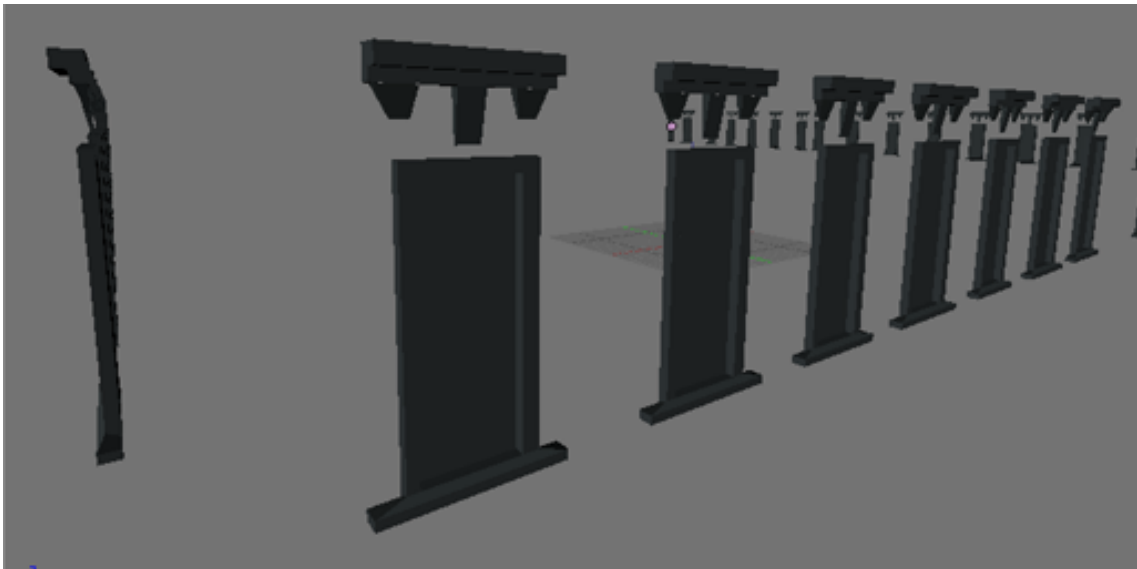


Figura 50 Ventanas, ejemplo de objetos 3d que pueden ser repetidos

Al final de este proceso tendremos ya todo el modelo tridimensional de nuestra escena. Es un trabajo que requiere de mucha habilidad de modelado y un buen manejo de las herramientas de software.

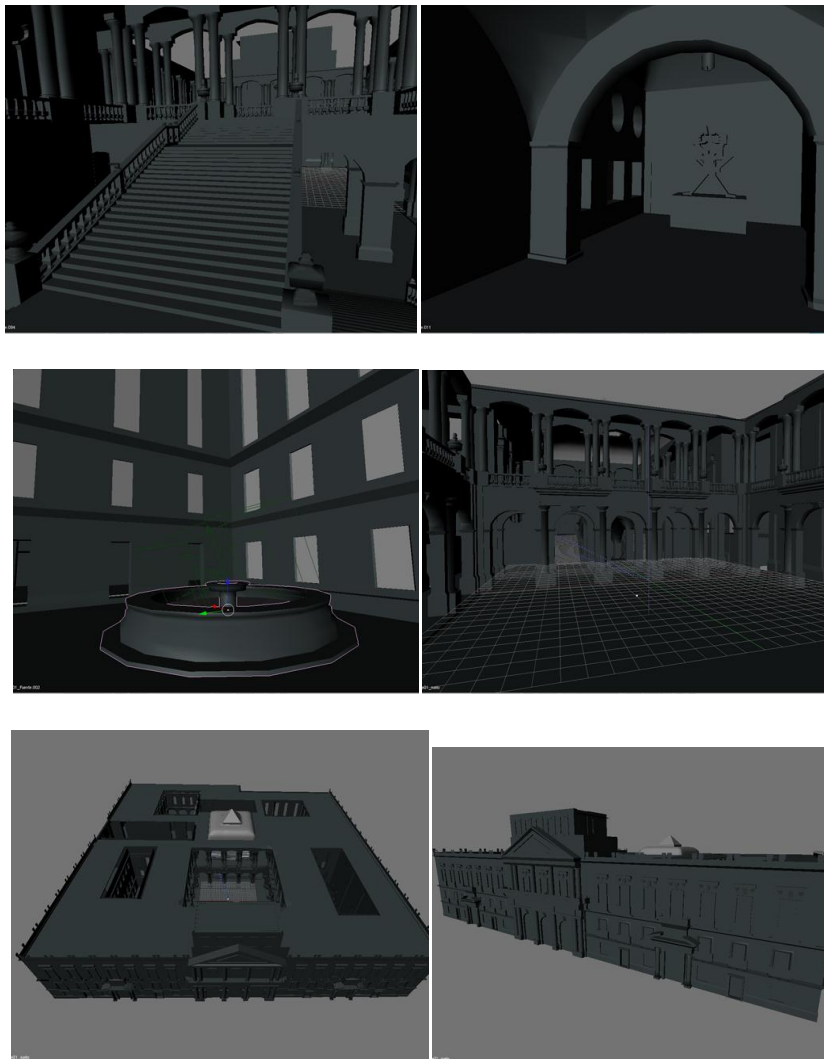


Figura 51 Vistas en solido del modelo a detalle de todo el palacio

# Texturizado

Aun cuando tenemos ya creados todos nuestros modelos tridimensionales que conformaran nuestro ambiente virtual, éste solo está conformado por colores sólidos. Recordemos que el objetivo es simular la sensación de presencia en el ambiente real por lo que hace falta agregar textura a este modelo; si las paredes son de cemento, mármol, ladrillo, madera, etcétera hay que hacerlas parecer como tal. Como ya se mencionó anteriormente, el proceso de modelar un muro y sus detalles para que semejar los ladrillos significaría que el número de polígonos se dispararía; para evitar esto se procede a la aplicación de una textura. Es preciso señalar que al hablar de texturas se hace referencia a una imagen que se mapea en un objeto 3D. Es un proceso similar al de poner un papel tapiz a un muro o forrar una caja de regalo. Por medio de este proceso una textura nos ayudara en gran medida para simular efectos de luz y sombras o para agregar detalles que no fueron modelados.



Figura 52 Vista en solido y textura dentro del patio central

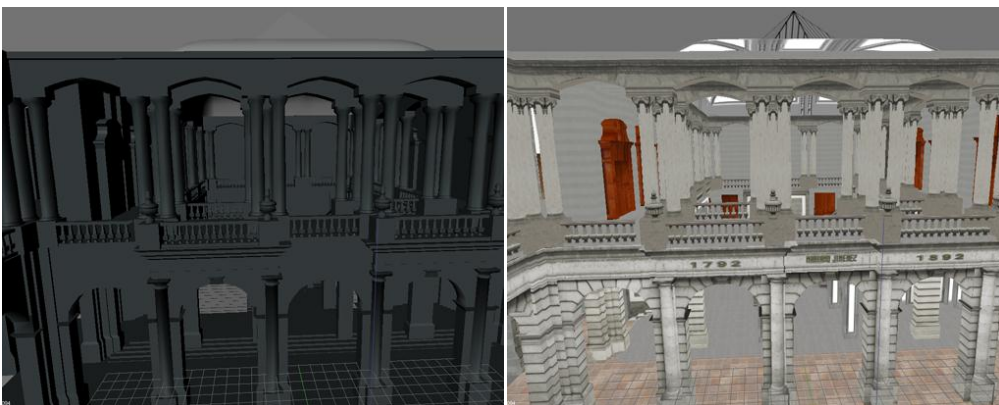


Figura 53 Vista en solido y textura dentro del patio central planta alta

Una textura puede ser cualquier imagen que generemos y dependiendo el motor de juegos serán las características de la imagen. Las imágenes que utilizemos deben de pasar por todo un proceso de adecuación para que el ambiente que reproduzcamos sea de calidad. Hablando más concretamente de paseos virtuales, las imágenes a usar pueden ser creadas siguiendo dos procesos diferentes, ya sea con imágenes tomadas de fotografías o creadas en

su totalidad por computadora. En esta etapa será necesario el uso de software para edición de imágenes tales como photoshop, paintshop pro o gimp.

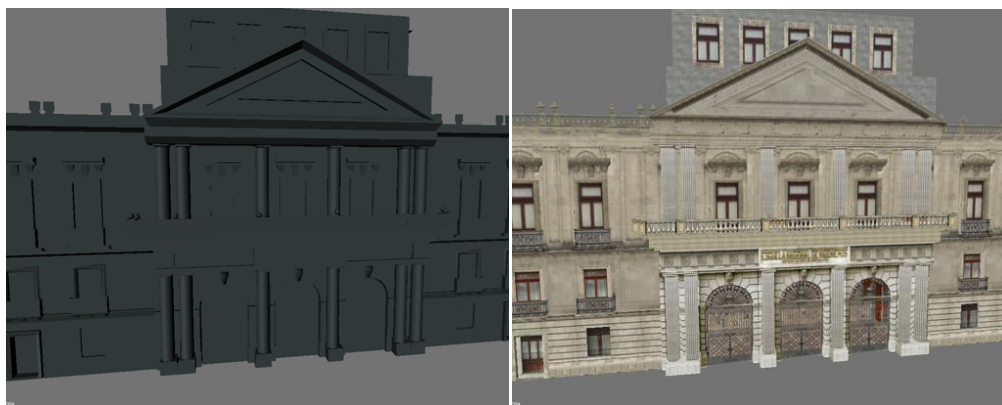


Figura 54 Vista en solido y textura de la fachada

Como se puede ver en la fachada del palacio de minería, el frontón está hecho con una imagen creada completamente por computadora, en contraste las paredes y ventanas son fotografías adaptadas como imágenes para textura. Dependerá de la complejidad de las imágenes o del proceso de adecuación de fotografías para determinar qué tipo de proceso se debe utilizar. En el plació se optó por trabajar en su mayoría con fotografías adaptadas como texturas debido a la poca experiencia del equipo con editores de imágenes, sin embargo las fotografías del frontón resultaron muy difíciles de obtener así que se procedió a su creación enteramente por computadora.

### Toma de fotografías para Texturas

A diferencia de las fotografías de referencia, hay que tomar en cuenta varios aspectos al tomar fotografías que serán usadas como base para generar texturas. Mientras más cuidado se tenga en el proceso de toma de fotografías menor será la complejidad de edición de imagen para adaptar estas a texturas.

Como primer punto está la correcta selección de cámara fotográfica digital según sus características. Es necesario una alta resolución y lentes adecuadas pensando en que se tomarán fotos planas, es decir, con la mínima perspectiva posible. También es necesaria una buena fuente de luz artificial para evitar reflejos y depender lo menos posible de la luz ambiental.

Se seleccionan los lugares a ser fotografiados y los ángulos en que serán tomadas las imágenes, tratando de que tengan la menor perspectiva y sean lo más limpias posibles. El objetivo es tomar el menor número de texturas posibles, aunque en nuestra escena practicante todo estará texturizado, no es necesario sacar fotografías de cada rincón del lugar que estamos reproduciendo. Existen muros, techos, suelos, arcos, y demás objetos que tienen la misma apariencia y donde se puede usar la misma textura por lo que no es necesario tomar demasiadas fotografías. (Mostrar ejemplo de arcos)

Hay que tener todo preparado para cuando se haga la sesión de fotos para tomar el mayor número de fotos posibles en esa misma sesión. Hay factores ambientales en lugares abiertos que influyen en las fotografías como hora del día y el estado del tiempo. Por lo que si se toman fotografías de un mismo espacio en diferentes días o a diferentes horas resultara en imágenes con tonalidades muy diferentes.

### Tratamiento de imágenes para textura y editores de imagen

Para tratar las fotografías y adaptarlas como texturas es importante el manejo de algún editor de imagen. Hay que eliminar la perspectiva inherente a la fotografía y tratar de adaptarlas a nuestros objetos 3d. Es preferible mapear una imagen pequeña muchas veces a usar una sola imagen muy grande. Como ejemplo está la pared inferior de la fachada frontal del palacio de minería, se saco la foto de solo una parte de la pared donde se encontraba más limpia; se tomó la fotografía lo más cerca posible, tratando de abarcar desde el suelo hasta el inicio del segundo nivel del palacio para después editar la imagen y quitar marcas de suciedad y defectos; por último, se ajusta la misma para que el lado derecho de la imagen concuerde con el lado izquierdo de la adyacente, esto ayuda a que el usuario no perciba que toda la pared es una sola imagen repetida varias veces.



Figura 55 Textura pared primer nivel de fachada

Este mismo procedimiento puede ser usado en ventanas, paredes, techos, suelos, etc.



Figura 56 Texturas de ventanas y paredes para fachada



Figura 57 Vista de fachada con texturas repetidas horizontalmente

### Imágenes con canal Alpha

El canal Alpha en la edición de imágenes para texturas es muy común pues resulta de gran ayuda para reducir el número de polígonos al no tener que modelar cada detalle. Un muy buen ejemplo es el de ventanas, rejas y puertas.

En el caso de la puerta principal del palacio de minería se sacó la fotografía correspondiente, después en el editor de imagen se borró todo aquello que no formaba parte de ésta y se procedió a guardar en un formato de imagen que contuviese canal alfa. Al final podemos ver como con un simple plano es posible implementar una puerta tan compleja como lo es la principal del palacio de minería.



**Figura 58 Foto de puerta principal con canal Alfa en blanco**



**Figura 59 Fotos de puerta principal con canal alfa en solido, textura y en contexto**



## Texturización de un modelo tridimensional (Mapeado UVW)

El mapeado UVW es una técnica matemática para mapeado de texturas. En computación grafica es usualmente un mapeado de  $\mathbb{R}^2$  a  $\mathbb{R}^3$  usado para convertir imágenes 2D (una textura) a un objeto modelado. "UVW", como el sistema cartesiano común tiene 3 dimensiones; la tercera dimensión permite a la textura envolver de una forma adecuada a una superficie irregular. Cada punto en un mapa UVW corresponde a un punto sobre la superficie del objeto.

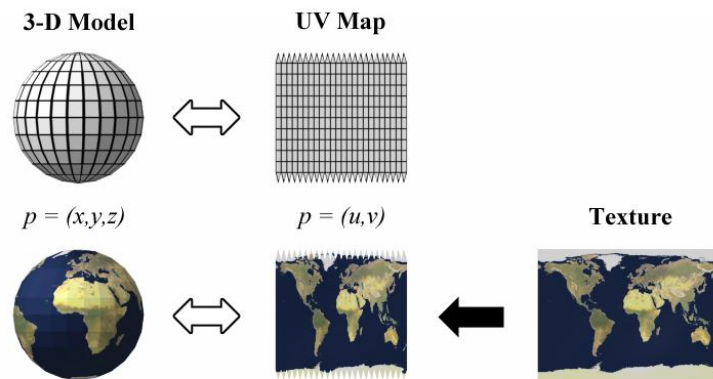


Figura 60 Ejemplo mapeado UVW

Existen diferentes tipos de mapeados UVW, generalmente basados en primitivas básicas como planos, cilindros, esferas etc.

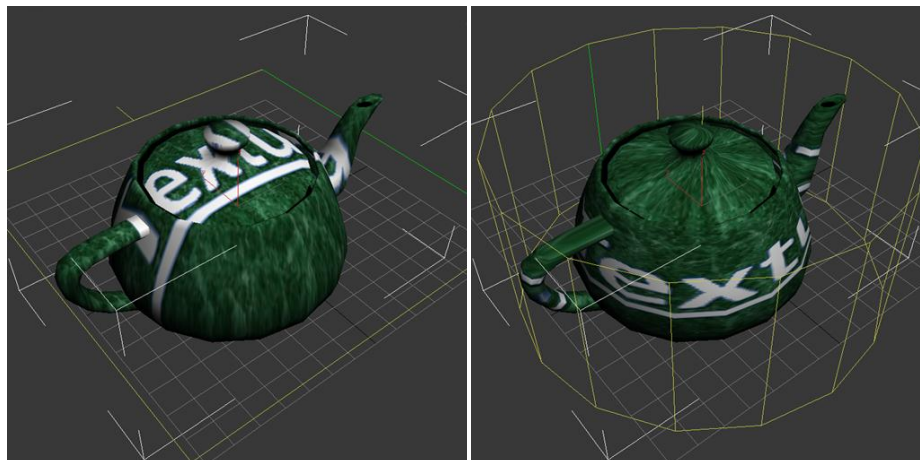


Figura 61 Mapeado UVW plano y cilíndrico

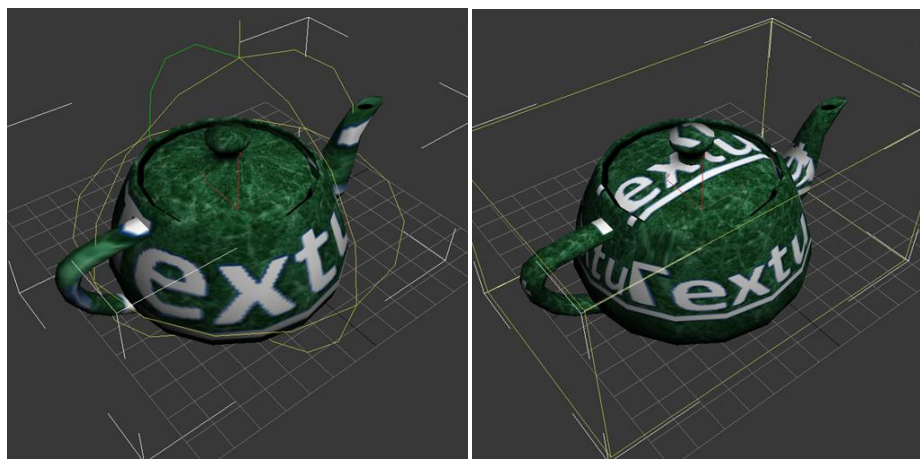


Figura 62 Mapeado UVW esférico y cúbico

Lamentablemente, estos tipos de mapeado resultan insuficientes algunas veces, por lo que hay que proceder a modificarlos manualmente. Prácticamente cualquier modelador tiene la opción de modificar las coordenadas UV para adaptar la textura de la forma más apropiada.

En el caso del palacio de minería resultó más eficiente hacer el mapeado uvw desde blender, a pesar de que la mayoría del modelado se hizo en 3ds max. Resulta muy sencillo editar el mapeado UV en blender visualizando el modelo 3ds, el mapeado UV y la textura al mismo tiempo.

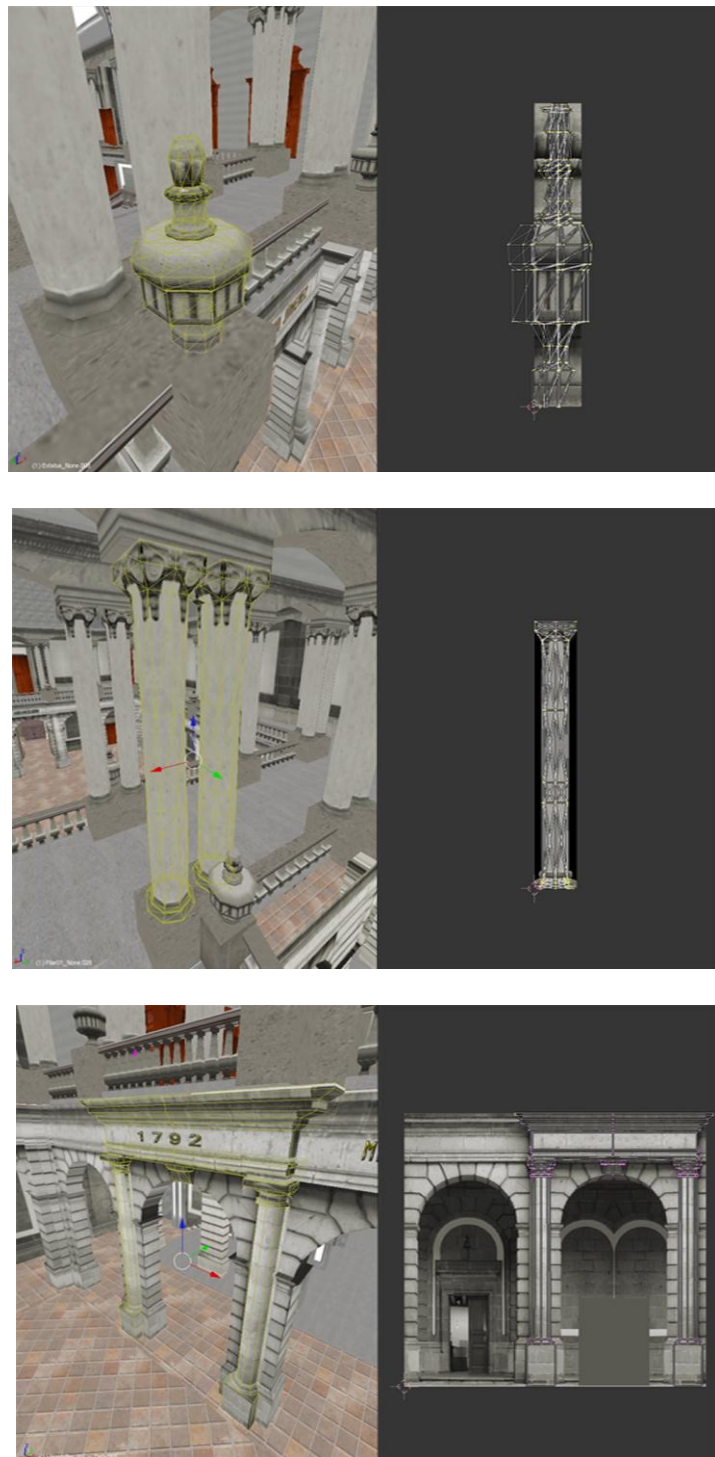


Figura 63 Mapeado UVW de diferentes espacios del palacio de minería



Figura 64 Mapeado UVW de diferentes espacios del palacio de minería

También se puede hacer el proceso hasta cierto punto de forma inversa mediante una herramienta muy común en los modeladores 3d: “unwrap”. Esta herramienta hace el proceso de pasar un objeto 3d a una imagen 2d y ya teniendo ésta como referencia podremos hacer las modificaciones pertinentes a la textura.

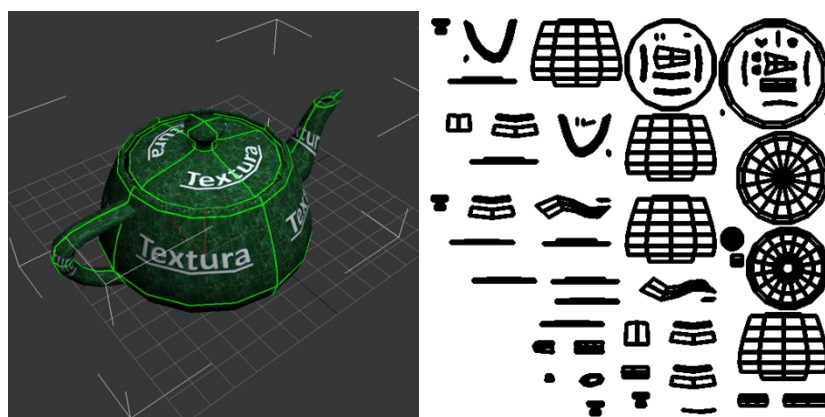


Figura 65 Desdoble de textura a partir del modelo 3D

## Texture bake

Dentro del software para modelado 3ds existe un gran número de elementos que enriquecen la estética visual de cualquier escena, tales como lo son distintos tipos de luces y sombras. Sin embargo, a la computadora le toma mucho el renderizado de estos elementos, por lo que comúnmente solo son usadas para Video y no para tiempo real. Aun así, podemos simular todos estos efectos de luces y sombras mediante el Texture Bake, mismo que agregará la información gráfica pertinente a una textura, la cual se puede usar sobre los modelos 3d en tiempo real. El proceso es muy simple, una vez creados los modelos se realiza el correcto mapeado uvw, se realiza el texturizado, se agregan las luces dentro del modelador y hacemos el horneado de texturas o “texture bake“. Esta herramienta y sus parámetros varían mucho entre modeladores, por lo que es importante revisar la documentación del modelador seleccionado para su correcto uso.

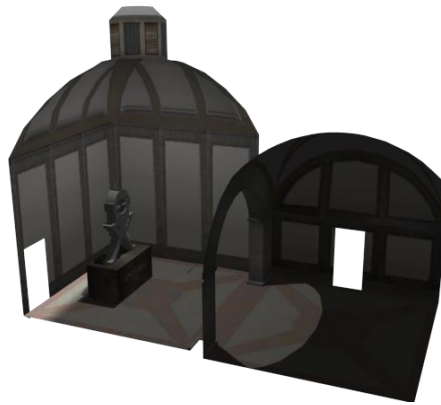


Figura 66 Imagen generada directamente por el modelador

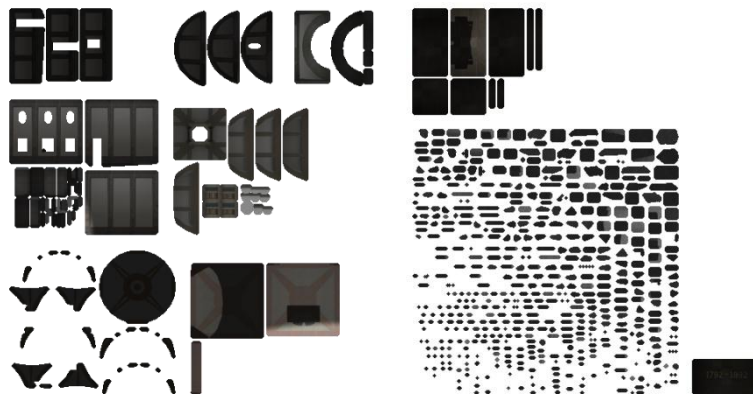


Figura 67 Textura generada desde el modelador con luces y sombras



Figura 68 Modelos 3D para tiempo real ya texturizado

En las imágenes anteriores podemos ver el render original desde el modelador, posteriormente se realiza el texture bake y se generan las imágenes conteniendo sombras y demás efectos de luz. Luego se agregan estas nuevas imágenes como texturas a la escena. La calidad de las texturas baja un poco, pero ahora solo se tiene una imagen y esta ya contiene sombras y efectos de luz. Se puede ver que las sombras se encuentran en las texturas quitando la escultura y observando cómo su sombra aun se encuentra en la escena.

Es muy importante tener en cuenta que el mapeado UV que usamos para texturizar puede o no ser el mismo que el mapeado del Texture bake. Un ejemplo es el caso de la escultura “canto a un dios mineral” que se encuentra en el cuarto bicentenario, la cual fue modelada originalmente con diferentes texturas y mapeados uvw pero al hacer el texture bake se genera solo una textura resultante con su propio mapeado uvw .



Figura 69 Mapeado UVW original (arriba) y generado por el modelador (abajo)

El texture bake es una herramienta muy poderosa cuando se crean ambientes virtuales, incluso con los motores de juego actuales que ya poseen sombras dinámicas y shaders muy avanzados, el texture bake resulta muy útil en la optimización de las escenas.

# Motor de Juego

---

El término motor de juego es relativamente nuevo, por lo que existen diferentes definiciones y su nombre se debe al hecho de que se crearon originalmente para desarrollar videojuegos. Concretándonos en el tema de este proyecto, podemos explicar un motor de juego como un conjunto de librerías que nos permitirá crear un ambiente virtual interactivo sin tener que programar desde abajo, este permitirá cargar modelos tridimensionales texturizados, asignarles materiales, asignarles física, programar la forma en que interactuamos con ellos, agregar luces, sonidos y demás elementos que conformarán nuestro ambiente virtual.

## Selección de Motor de Juego

Es necesario seleccionar el motor de juego que usaremos para desarrollar nuestro ambiente virtual. Es cierto que como ingenieros en computación es posible generar un motor de juego propio, sin embargo es una tarea extensa que no es necesaria para la finalidad de este proyecto. Además la generación de un motor de juego involucra más de la mitad del tiempo que toma crear un videojuego y si se quiere ser competitivo en este ámbito hay que saber utilizar las herramientas existentes. Hay un gran número de motores de juego tanto de acceso gratuito como comerciales, dependiendo del juego para el que fueron creados son sus características por lo que hay que enfocarse en los que permitirán crear paseos virtuales. Es necesario verificar la compatibilidad del modelador 3D con el motor de juego por lo que la elección de modelador y de motor de juego va íntimamente ligada. Existen diferentes tipos de motores de juego dependiendo de su propósito, es preciso usar en este caso los motores que manejen gráficos en 3D y más concretamente los que se crearon para shooters en primera persona. Existen motores de juego que incluso contienen una interfaz gráfica para ayudar a la programación, muy recomendable al cargar los diferentes elementos de nuestro ambiente virtual y editar su posición en el espacio. Investigando qué juegos fueron creados con el motor en cuestión ayuda a determinar el alcance de este y saber si es útil para la creación del Paseo virtual tridimensional.

Los motores de juego comerciales ofrecen una gran calidad y buena documentación, los que se facilitan gratuitamente por otro lado, a pesar de no alcanzar a los comerciales en cuanto a actualidad, calidad y documentación resultan ser bastante competitivos en relación precio-calidad; algunos no poseen código abierto al ser versiones gratuitas de motores comerciales.

## Exportación e importación de modelos Tridimensionales

Una vez seleccionado el motor de juego compatible con los formatos de nuestro modelador hay que importarlos dentro de este. Varios modeladores poseen formatos propios que rara vez son compatibles con algún motor de juego, sin embargo es posible importar nuestros modelos a un formato de archivo de uso común. Un archivo 3D contiene básicamente información

geometría, número de elementos, información de materiales, texturas, mapeado uvw, etc.

Algunos de los archivos 3d más comunes son:

- a) **.OBJ**: Es probablemente el formato multiplataforma más común para modelos poligonales; es libre y muchos motores de juego y modeladores lo soportan, está muy bien documentado.
- b) **.3DS**: Es el formato por defecto para exportar modelos poligonales soportado por 3ds max. Por lo anterior es ampliamente soportado. Sin embargo, no tiene tantas opciones de exportación como el .OBJ.
- c) **.FBX**: Es otro formato de Autodesk usado si se quiere exportar una escena completa: objetos, animación, luces, cámaras, etc.
- d) **.3DM**: OpenNURBS. Es un formato nativo de Rhino3D y Mol y, como su nombre lo indica es un formato de exportación basado en NURBS. Está ganando popularidad; desafortunadamente no es soportado por los grandes Modeladores (Maya, Max y Blender). Sin embargo su documentación y código son abiertos.
- e) **.DAE**: Collada surgió con la idea de formar un formato de diseño colaborativo para aplicaciones interactivas 3D. Collada en sí es una estandarización de un formato 3d para intercambiar elementos entre varios software gráficos mediante archivos .DAE. También posee la capacidad de exportar toda una escena.

## Materiales

En una escena 3D se requiere tanto realismo como sea posible, en la vida real existen un gran número de elementos aparte de los geométricos que tienen que ser simulados, tal es el caso de los materiales. Visualmente podemos inferir el tipo de material cuando vemos un objeto (Se puede asumir que una silla es de metal o madera solo con verla), la forma en que se comporta la luz cuando incide en un objeto depende del material que lo constituye. En computación gráfica se hace referencia a los materiales para visualmente determinar la forma que interactúa la luz con el ambiente por lo que el término material en computación gráfica no hace referencia a como está constituido sino a como se ve.

Uno de los principales componentes que hacen que una imagen por computadora luzca realista es la iluminación y la forma en que esta se comporta cuando interactúa con los modelos 3D de la escena. Si no se tiene la adecuada iluminación el ambiente virtual parecerá muy poco realista. (Como se muestra la imagen). Para crear esta simulación visual se usan herramientas de iluminación, texturizado y shading, estos elementos proporcionan importante información visual acerca de la curvatura y orientación de una superficie y son importantes en crear la apariencia de tres dimensiones en una imagen. Incluso la iluminación y shading resultan más importantes que la perspectiva para hacer entendible una escena.





Figura 70 vista en solido sin shading

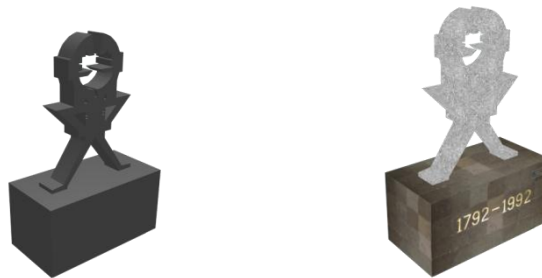


Figura 71 vista shading en solido y texturizado



Figura 72 Vista shading texturizado y cocinado de texturas

Uno de los aspectos más importantes en la producción de juegos 3D visualmente realistas es la correcta iluminación. Sin una correcta iluminación no hay realismo.

Los modelos de iluminación en computación grafica son basados en aproximaciones dentro de las cuales el desarrollador especifica la posición de las fuentes de luz y sus propiedades; a la par y de manera independientemente también especifica las propiedades de cada uno de los materiales. Las propiedades de luces y materiales interactúan en crear la iluminación, color y sombreado que se observan desde un punto de vista determinado.

## Sombreado y matices .- (Shaders)

El término en inglés *shader* muy usado en computación gráfica se refiere a la forma en cómo el color y brillo varían a lo largo de una superficie. Los nombres de estos tradicionalmente son otorgados conforme al nombre de la persona que lo inventó. Trabajan usando parámetros según el tipo de luz, misma que incide sobre una superficie y luego es re-irradiada a través de un fenómeno de difusión se dispersa, es decir, es re-irradiada en todas las direcciones de forma isotrópica. Esto significa que la cámara verá la misma cantidad de luz desde ese punto en la superficie sin importar el *ángulo de visión incidente*. Es esta cualidad la que hace que la luz difusa tenga un *punto de vista independiente*. Por supuesto, la cantidad de luz que incide sobre la superficie depende del ángulo de la luz incidente.

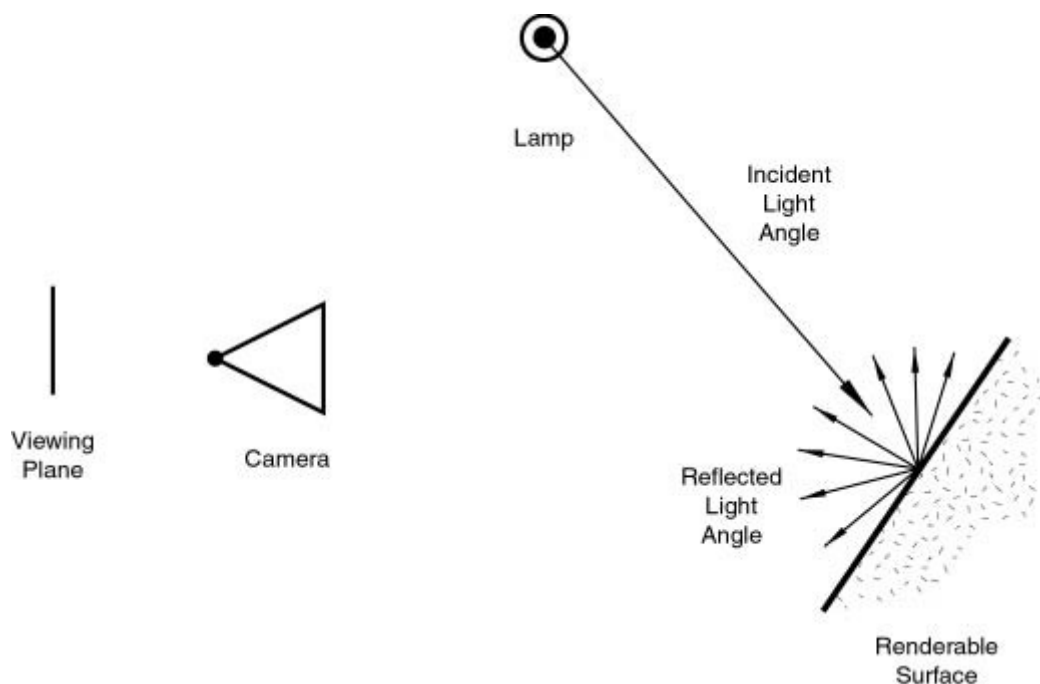


Figura 73 Tipos de luz: Difusa

Al contrario que la difusión, la reflexión especular es *dependiente del punto de visión*. De acuerdo con la ley de Snell, la luz que impacta sobre una superficie especular se verá reflejada con un ángulo espejado al ángulo de luz incidente (NdT: Un ángulo igual a ángulo incidente +90 grados), lo cual hace que el ángulo de visión cobre mucha importancia. La reflexión especular crea finos y brillantes reflejos, haciendo que la superficie parezca pulida (*Reflexión especular*).

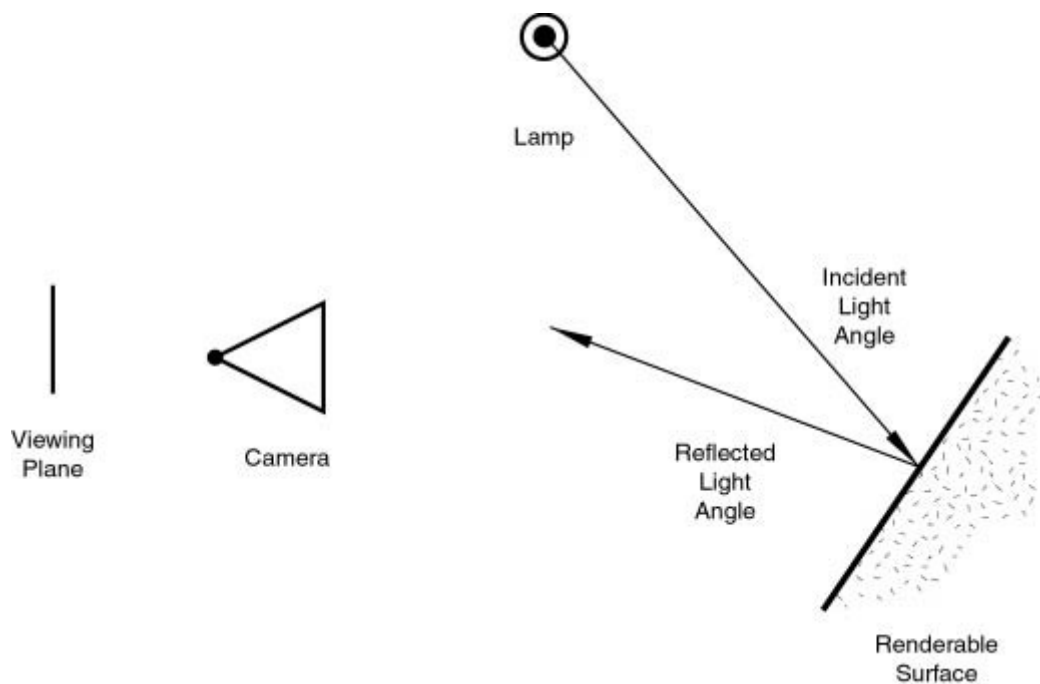


Figura 74 Tipos de luz: especular

Los shaders mas implementados en la mayoría de los motores de juego son:

- a. Lamber. Muy sencillo de manejar y rápido de procesar.
- b. Oren-Nayar. Tiene un enfoque más “físico” a los fenómenos de difusión, ya que toma en cuenta la cantidad de asperezas microscópicas de las superficie
- c. Toon. Produce un estilo de renderizado como de dibujo animado, con regiones uniformes de luz/sombra y límites claros entre ellos.
- d. Minnaert. Trabaja oscureciendo partes del Shader Lambert.
- e. Fresnel. Con este shader la cantidad de luz difusa reflejada depende del ángulo de incidencia, es decir, desde la dirección de la fuente de luz. Las áreas que apuntan directamente en dirección a la fuente de luz aparecen más oscuras, las zonas perpendiculares a la luz en cambio son más brillantes.
- f. *CookTorr* . Este shader usa un parámetro de, *dureza (hardness)*, que regula la anchura de los resalte especulares. Cuanto menor dureza tenga, más anchos serán los reflejos.
- g. *Phong* - Éste es un algoritmo matemático diferente, usado para calcular los reflejos especulares. No es muy diferente de CookTor.
- h. *Blinn* - Éste es un sombreador especular más 'físico', pensado para combinarlo con el difuso Oren-Nayar. Es más físico debido a que añade un cuarto parámetro, un *índice de refracción (IDR - IOR)* a los tres anteriores. Este parámetro en realidad no se usa para

calcular la refracción de los rayos (para ello se necesita un trazado de rayos o ray tracing), sino para calcular correctamente en la reflexión especular la intensidad y extensión por la ley de Snell. La dureza y los parámetros especulares dan más grados de libertad.

## Luces

Se conoce como luces al punto de origen de un rayo de luz que es tomado como base en un shader y también posee características propias como intensidad, color y dirección. Existen varios tipos y sus nombres varían según el motor de juego que usemos. Un primer tipo sencillo tiene intensidad constante que viene de una dirección dada, usada generalmente para simular luz solar o de exteriores. Existen también las de tipo omnidireccional que es un punto sin dimensiones que irradia la misma cantidad de luz en todas las direcciones, los objetos que están más cerca que ese punto, reciben más luz, mientras que los que están más lejos reciben menos luz. Y por ultima hay las de luz focal (spot) la cual es un rayo con forma de cono que parte de la ubicación de la fuente luminosa y solo ilumina los objetos que se encuentre cerca del cono.

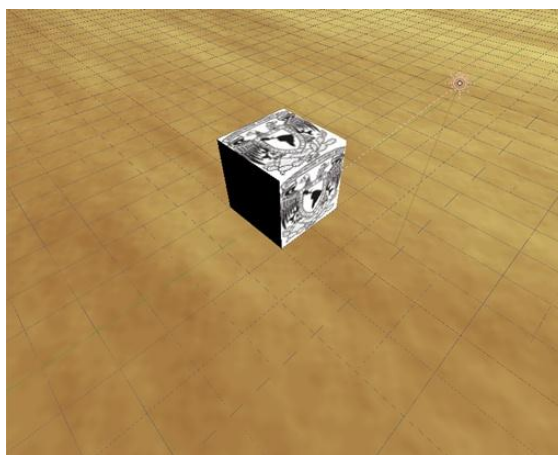


Figura 75 Sin iluminación

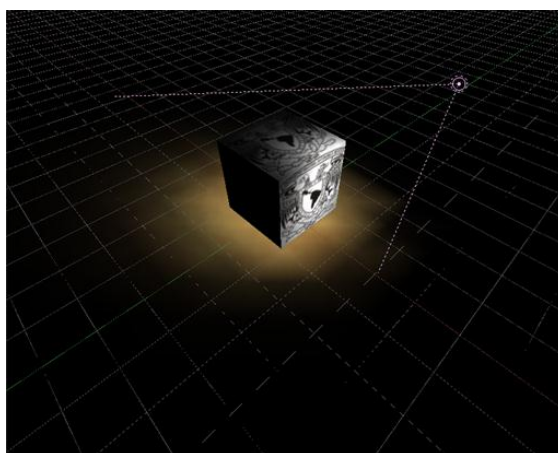


Figura 76 Luz tipo spot

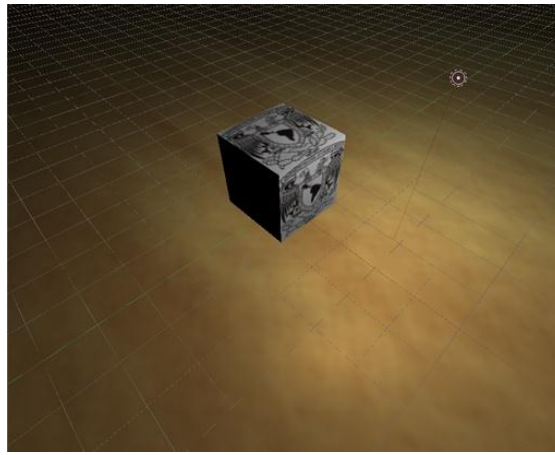


Figura 77 Luz tipo omnidireccional

### Mapeado con relieve (Bump mapping)

El mapeado con relieve o “bump mapping” es usado para dar la apariencia de tener relieve, porosidad y detalle a una superficie plana. Esto, usualmente tomaría demasiados polígonos muy pequeños en el modelos. En lugar de ello, el bump mapping trabaja usando una textura mapeada sobre el objeto que modifica las normales de la superficie. Cuando se usa en conjunto con un shader los cambios en las normales causan que se visualicen perturbaciones sobre la superficie, lo cual da la apariencia de relieves.



Figura 78 Cubo sin efecto BUMP



Figura 79 Cubo con BUMP mapping

## Física del Motor de Juego

La Física dentro del motor de juego es un tipo de programación, en donde supone la introducción de las leyes de física en un simulador o motor de juego, particularmente en los gráficos 3D por computadora. El propósito es hacer que los efectos físicos de los objetos creados y modelados en 3D aparezcan más reales a la vista del observador.

La simulación de la física en la programación es solo una aproximación cercana a la física real (si bien se acerca mucho a la física que tendría un objeto en realidad, no es igual de realista que en la realidad), y el cómputo es desarrollado usando valores discretos. Hay muchos elementos que forman los componentes de la simulación física y mucha teoría detrás de ésta, sin embargo, algunos componentes como la simulación de fluidos o manejo de personajes no son necesarios para el proyecto de paseo virtual en el palacio de minería. En concreto es indispensable el manejo de colisiones y un poco de física de cuerpos rígidos para tener interacción con los objetos del ambiente.

El primer concepto a tener en cuenta con la física de un motor de juego son las colisiones, puesto que un aspecto del mundo real es que dos objetos no pueden ocupar el mismo espacio al mismo tiempo. Ocasionalmente se considera a este aspecto como una restricción, sin embargo este mismo es el que nos permite manipular objetos empujando o jalando. También el hecho de que podamos pararnos y caminar depende de la colisión que hacemos con el suelo. En general, objetos 3d que se encuentran simultáneamente en una escena virtual no poseen impenetrabilidad por lo que tenemos que agregar mecanismos que fuercen estas restricciones para impedir que el usuario atraviese las paredes al navegar por el ambiente virtual y para que pueda tener interacción con objetos sólidos de la escena. Dependiendo del motor de juego es como se manejan las colisiones dentro de nuestro ambiente virtual por lo que una vez más es recomendable estudiar la documentación necesaria

específica del software usado. La cámara que representa el punto de vista del usuario es el objeto que colisionara con los muros y objetos de nuestra escena y esta puede o no estar emparentada con algunos otros objetos para facilitar la navegación. Para el paseo virtual del palacio de minería se ingresó una cámara emparentada con un objeto básico "Empty" (objeto que no posee geometría pero si las caracterizas físicas) y se le asignó un modelo de colisión esférica. De igual manera, se le asignó física de cuerpo rígido para siempre estar a nivel del suelo y simular el asenso por escalares o desniveles (como se muestra en la imagen)

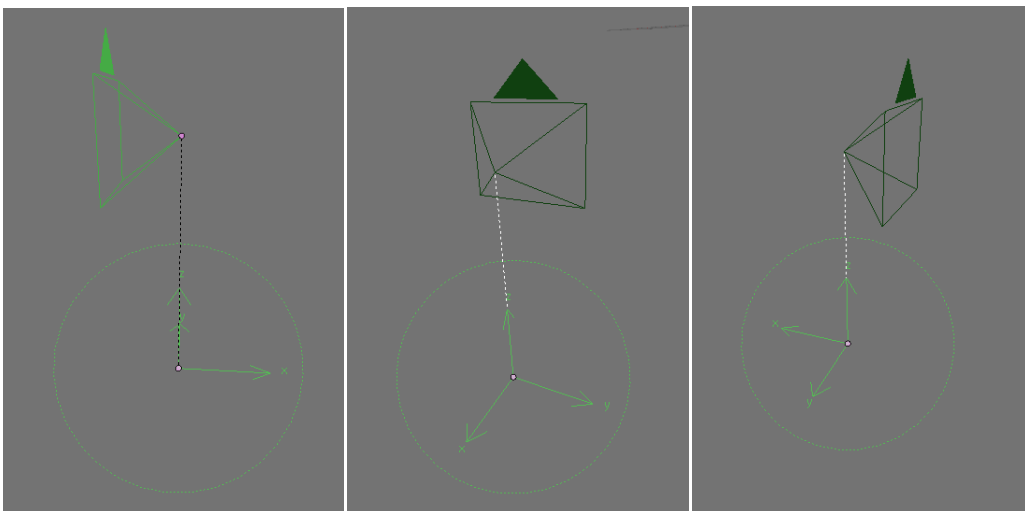


Figura 80 Representación grafica de una lámpara emparentada a un elemento "empty" dentro de un motor de juego

Dentro de los modelos 3d que conforman la escena virtual existen un gran número de polígonos que nunca entrarán en colisión con la cámara o bien que no ameritan esta colisión. Los cálculos de colisiones y física pueden ser disminuidos si creamos un modelo de colisión invisible basado en el modelo visual que tenemos, por lo tanto se optimiza el desempeño de nuestro paseo virtual. El proceso es simple y consiste en crear el modelo de colisión muy simple con un número muy reducido de polígonos. Éste presentará colisiones pero no se renderizará, en otras palabras será invisible en el ambiente virtual pero evitará que atravesemos las paredes; entonces, es importante diferenciar entre el modelo visual y nuestro modelo de colisión. Un claro ejemplo se puede ver en una de las columnas del patio central del palacio de minería, la cual está constituida por varios polígonos para darle detalle y curvatura, sin embargo la colisión puede ser cúbica y no se afecta en lo absoluto la navegación.

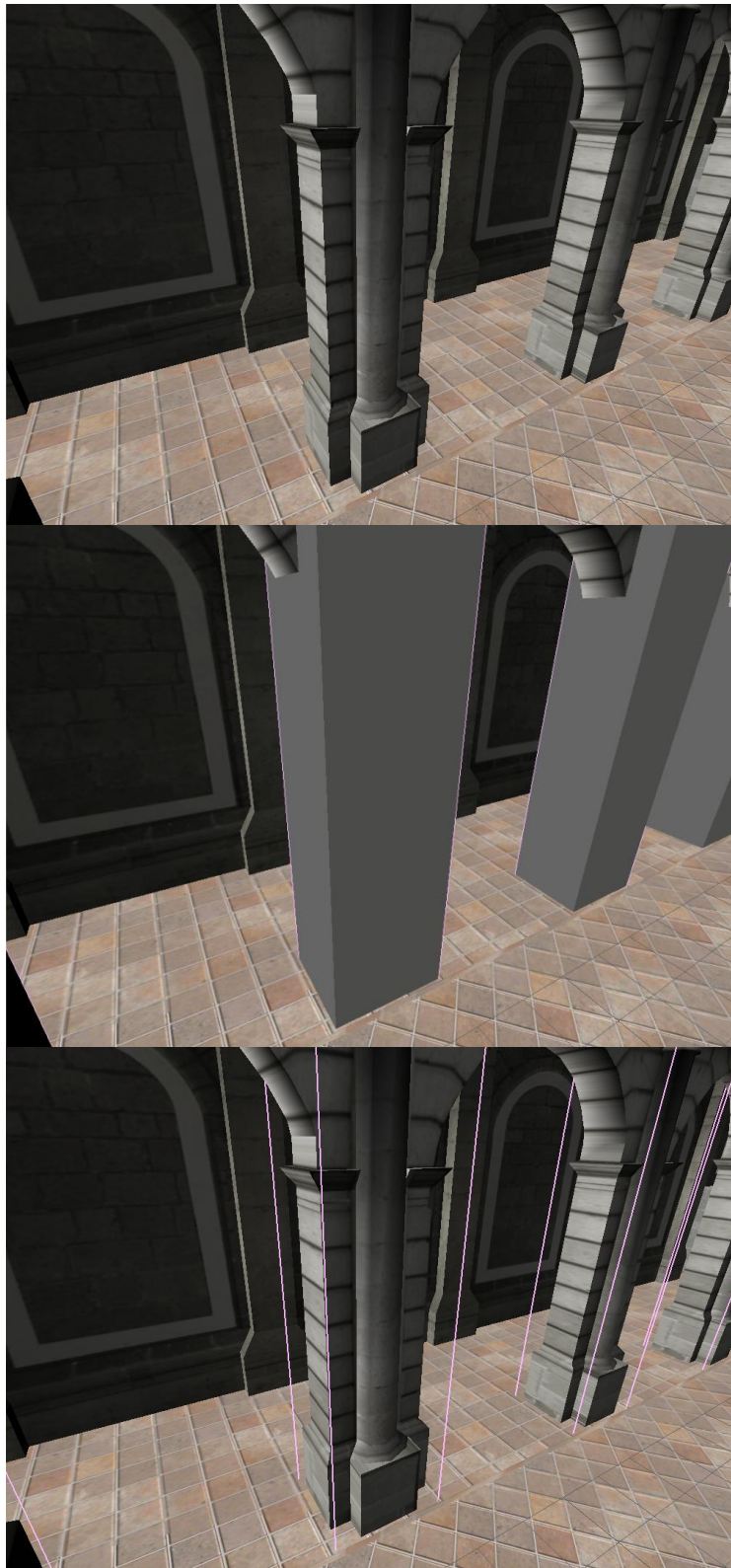


Figura 81 Vuzualisacion de el modelo de colicion para una columna del patio central



Con esta misma idea se creó el modelo de colisión del plació de minería:

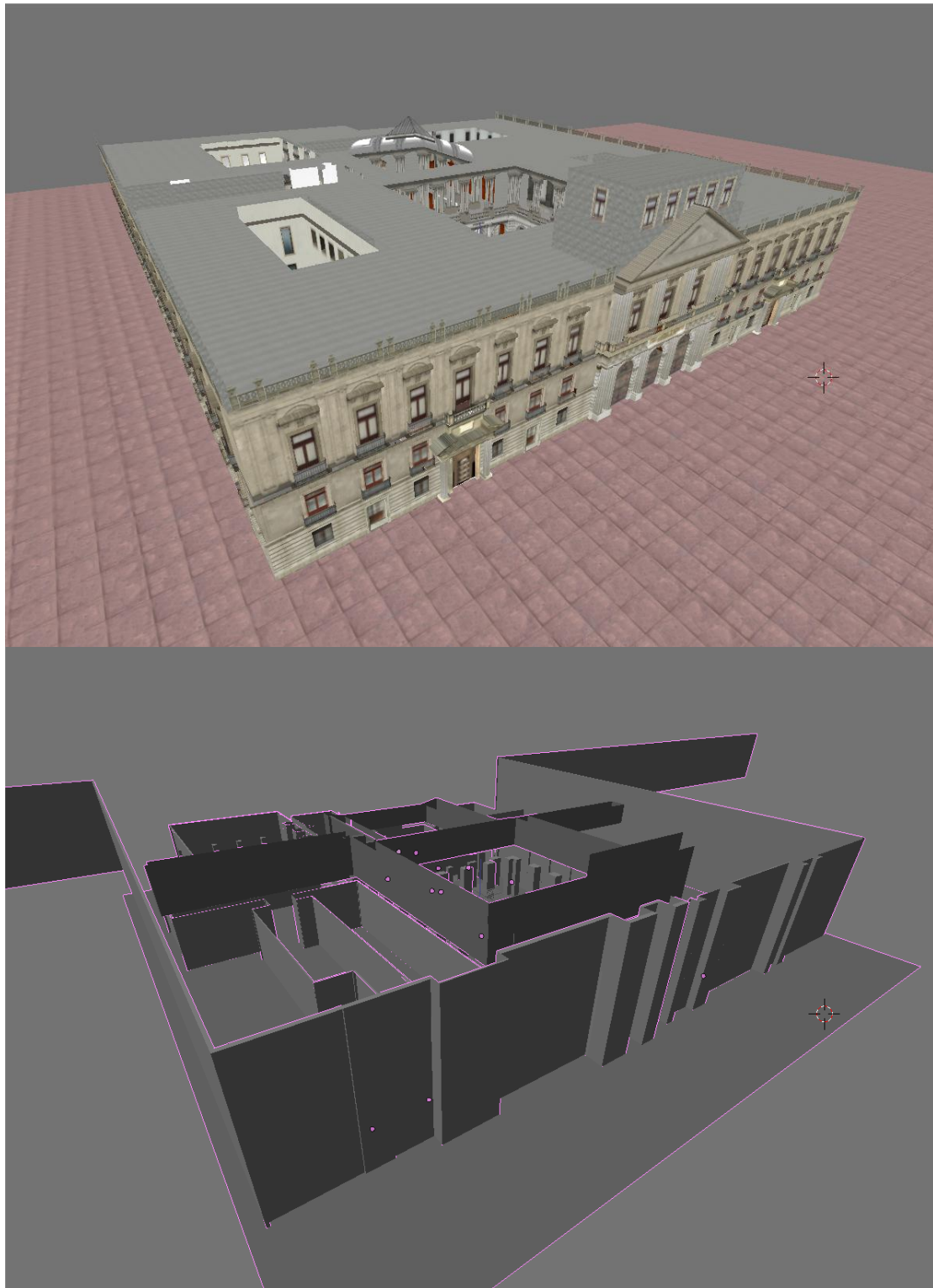


Figura 82 Modelo visual (arriba) y de colisión (abajo) del palacio de minería

## Sonido

La parte sonora es un elemento inmersivo que ayudara al usuario a adentrarse en la escena virtual. Primeramente se tienen que estudiar la compatibilidad del motor de juego con los formatos de sonido estudiando su documentación

correspondiente. Esta herramienta usar sonidos que fueron grabados directamente del lugar que se trata de emular. Existen muchos sonidos disponibles en la red, como pueden ser el de puertas abriendo o cerrando, pasos, ruidos ambientales, etc. La música de fondo también ayuda a crear una atmósfera con base al contexto que le queramos dar, por lo que se recomienda ampliamente su uso en cualquier paseo virtual.

## Navegación

El último punto dentro del desarrollo del paseo virtual es la navegación, esto implica determinar la velocidad y libertad con la que nos desplazamos y los dispositivos de entrada que manejaremos. En cuanto a paseos virtuales conviene usar una velocidad baja en el desplazamiento de la cámara para poder apreciar todos los elementos y detalles de nuestro modelo 3D y mucha libertad de poder navegar a través de éste sin sacrificar la sensación de inmersión en el ambiente. Para mejorar la navegabilidad hay que evitar espacios muy cerrados en el modelo de colisión, esto evitará que la cámara se quede atorada y que el usuario genere frustración al navegar. Para manipular la cámara emparentada con un “empty” se realizó la programación respectiva que permite diferentes grados de libertad configurada del siguiente modo véase figura 79:

El “empty” con colisión esférica se desplaza en el plano XY y rota en el eje Z, la cámara por otro lado rota en el plano Y como se muestra en la imagen. Como la cámara está emparentada con el “empty” rota y se desplaza junto con éste.

Los dispositivos de entrada que se usen deben tener la configuración más simple posibles ya que los paseos virtuales están pensados para abarcar un gran número de usuarios con características muy generales. En cuanto al palacio de minería se usaron 2 tipos de configuraciones para navegar:

1. Teclado y mouse: muy usados en juegos shooter de primera persona en PC siendo muy cómodo para poder desplazarse y cambiar el punto de vista al mismo tiempo. Se usa las flechas de dirección para poder el desplazamiento en el plano horizontal y se hace uso del mouse para rotar la cámara en el eje Z y Y hacia el ángulo deseado.
2. Joystick analógico. También se programo un sistema mediante joystick que hace uso de dos palancas para sustituir las teclas de dirección y el mouse respectivamente.

# Conclusiones

---

A pesar de las pocas publicaciones e información referente al desarrollo de ambientes virtuales en México se logro conocer las herramientas de computación grafica mas comunes a nivel mundial para desarrollar paseos virtuales con gráficos tridimensionales, esto gracias a una comunidad activa de estudiantes y desarrolladores dentro de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialistas en computación grafica.

Se seleccionaron adecuadamente las herramientas de modelado 3d así como el motor de juego que mejor se adaptaron a las necesidades de desarrollo del “Paseo virtual del Palacio de Minería”. Estos fueron:

Blender y 3DS Max para el proceso de modelado y texturizado

Blender Game Engine como motor de juego para navegación e implemetnacion de iluminación y materiales.

Gracias a la adecuada documentación de herramientas utilizadas e imágenes tomadas del proceso de desarrollo se logro construir una guía sumamente completa, adecuadamente estructurada, concisa y muy ilustrativa del correcto desarrollo de “recorridos virtuales con gráficos tridimensionales totalmente interactivos”. La cual es en si este mismo documento.

Haciendo uso de las experiencias adquiridas en el desarrollo del proyecto del paseo virtual del Palacio de Minería y el de este texto se pueden además añadir las siguientes conclusiones generales:

- La tecnología en computación grafica ha crecido enormemente desde su creación tanto en hardware como en software y puede ser aplicada a demás del entretenimiento a muy diferentes ámbitos de la ciencia e industria, es por esto que un número creciente de universidades, laboratorios de investigación y compañías desarrolladoras están haciendo un trabajo exhaustivo para crear más sofisticados sistemas de realidad virtual.
- Usando dispositivos avanzados como sensores de movimiento, lentes con tecnología estereoscópica, pantallas tridimensionales, entre otros, podemos habitar un ambiente generado por computadora acercándonos cada vez más a una experiencia real.
- La creación de un ambiente virtual como en un videojuego es una tarea compleja e interdisciplinaria con varias personas trabajando en conjunto, también es necesario conocer y hacer uso de numerosas herramientas de software y hardware. Es importante que el equipo de desarrollo esté bien capacitado en el uso de herramientas de software que permitan hacer el modelado, texturizado y la implantación de la navegación.

- No debe subestimarse la complejidad de crear ambientes virtuales, aunque las herramientas de software han evolucionado tanto que es relativamente fácil empezar a crear elementos 3D, crear un ambiente virtual de calidad representa un gran esfuerzo de modelado, iluminación, texturizado, navegación, programación, etc. Es por esto que el desarrollo debe ser debidamente planeado para así poder obtener los resultados gráficos esperados y que el paseo virtual cumpla con sus objetivos.
- Para la creación de un ambiente virtual es importante tener bien definido el espacio a recrearse, recaudar toda la información necesaria de este espacio físico, siempre tener en claro el objetivo de desarrollarlo y plantear desde un inicio el grado de detalle final considerando las limitantes técnicas y de tiempo.
- Al desarrollar un modelo tridimensional para tiempo real resulta de suma importancia que este contenga el menor número de polígonos posible sacrificando lo menos posible la calidad visual del modelo. El número máximo de polígonos en una escena depende de la capacidad de la computadora donde será montado el paseo virtual y del motor gráfico con el que será implementado. Una vez determinado el número máximo de polígonos hay que tratar de aproximarnos lo más posible a este sin pasarlo. El número reducido de polígonos también ayuda a un fácil manejo y edición de las escenas.
- Existe un gran número de software para modelado 3D en el mercado, y es importante conocerlos antes de hacer una elección. Los modeladores más costosos tienen un gran número de herramientas y muchas resultan innecesarias para un paseo virtual por lo que es recomendable adquirir el que se ajuste a nuestras necesidades. Como una primera aproximación al modelado 3d se recomienda hacer uso del software libre y adquirir los modeladores gratuitos ya que resultan sumamente útiles y poseen muchas de las herramientas de los modeladores más costosos.

# Bibliografía

---

- Morgan Kaufmann (2002)- Level Of Detail For 3D Graphics
- Academic Press - GG Series - *Virtual Reality Applications and Explorations*
- Undergraduate Thesis - *OpenGL Lighting Techniques for Real-time 3D Rendering*
- Cambridge University Press (2002)- *3D Computer Graphics - A Mathematical Introduction With OpenGL – 200*
- Addison Wesley (2002)-*3D Computer Graphics Principles and Practice in C*
- Forster, Winnie (2005). *The encyclopedia of Game Machines. Gameplan.*
- DeMaria, Rusel (2003). *High Score!: The Illustrated History of Electronic Games.* McGraw-Hill Osborne Media, 2nd edition.
- Chris Köhler (2005). *Power-Up: How Japanese Video Games Gave the World an Extra Life.* Brady Games.
- William R. Sherman. *Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Design.* Morgan Kauffman: Series in Computer Graphics.
- Watt & Policarpo (2000). *3D Games - Real-time rendering and Software Technology,* Addison-Wesley.
- Fullerton, Swain, Hoffman (2004). *Game Design Workshop. San Francisco: CMP Books*
- Ablan DanDigital, *Photography for 3D Imaging and Animation,* 2007
- Kerr Aphra, *The business and culture of digital games gamework/gameplay,* 2006
- Tim Kugler, *3ds max: Organic Modeling Training CD,* 2001
- David Franson, Andre Lamothe, *2D Artwork and 3D Modeling for Game Artists,* 2002
- Tom Kapizzi, *Inspired 3D Modeling & Texture Mapping,* 2002