

Modelo de render en tiempo real aplicado al diseño arquitectónico

**Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería Técnica en
Informática de Gestión**



Autor: Daniel Benito Martín

Coordinador: Antonio Berlanga de Jesús

Año: 2010



Agradecimientos

Gracias a mis padres Belén y José María
y a mi hermana Patricia por todo el apoyo
que me han dado todos estos años.

A mis compañeros de carrera,
Antonio, Juan, Nacho y muy en especial
a Pedro y José Vicente, por toda la ayuda que
me han brindado durante la carrera y sin los
cuales no habría podido llegar este momento.
¡Nunca olvidaré al escuadrón!

Y a mi tutor y profesor Antonio Berlanga
por toda la ayuda y apoyo prestados
durante la carrera y el proyecto.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	2/102



Índice

ÍNDICE	3
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. ÁMBITO DEL PROYECTO	5
1.2. OBJETIVOS.....	5
1.3. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.....	6
2. ESTADO DEL ARTE	8
2.1. DISEÑO EN TRES DIMENSIONES	8
2.2. RENDERIZACIÓN	9
2.3. INFO-ARQUITECTURA EN 3D	10
2.4. MODELADO REALISTA DEL EDIFICIO EN 3D	12
2.5. RENDER EN TIEMPO REAL.....	12
2.6. ILUMINACIÓN GLOBAL.....	16
2.7. RADIOSIDAD	18
2.8. MAPAS DE LUCES	20
2.9. MAPEO Y TEXTURIZADO	21
2.9.1. <i>Mapeo</i>	21
2.9.2. <i>Texturizado</i>	23
2.10. ELECCIÓN DE TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS	25
2.10.1. <i>Modelado</i>	25
2.10.2. <i>Motor gráfico</i>	29
2.10.3. <i>Iluminación</i>	32
2.10.4. <i>Texturizado</i>	33
2.10.5. <i>Adaptación del modelo para su uso externo</i>	36
2.10.6. <i>Exportación</i>	39
3. OBJETIVOS	42
4. DESARROLLO	44
4.1. PRESUPUESTO Y PLANIFICACIÓN	44
4.1.1. <i>Presupuesto</i>	44
4.1.2. <i>Planificación</i>	47
4.2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	50
4.2.1. <i>Obtención de medidas, planos y fotos del edificio</i>	50
4.2.2. <i>Estudio y comparativa de las técnicas y herramientas de desarrollo</i>	51
4.2.3. <i>Instalación, configuración y prueba del entorno de desarrollo</i>	52
4.2.4. <i>Modelado 3D</i>	53

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	3/102



4.2.5.	<i>Mapeado y texturizado</i>	59
4.2.6.	<i>Exportación y preparación del modelo para su uso externo</i>	62
4.2.7.	<i>Integración del modelo en un motor gráfico</i>	63
4.2.8.	<i>Cámara y control de colisiones</i>	65
4.2.9.	<i>Interactividad</i>	67
4.2.10.	<i>Iluminación</i>	70
4.2.11.	<i>Pruebas y validación</i>	73
4.3.	MANUAL DE USUARIO.....	75
4.4.	MANUAL DE REFERENCIA.....	76
5.	RESULTADOS	78
6.	CONCLUSIONES	81
6.1.	CONCLUSIONES SOBRE EL DESARROLLO.....	81
6.2.	CONCLUSIONES PERSONALES	82
7.	FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO Y MEJORAS	85
7.1.	MODELADO	85
7.2.	MAPEO Y TEXTURIZADO	85
7.3.	MOTOR DE RENDERIZADO.....	86
7.4.	ILUMINACIÓN.....	86
7.5.	INTERACCIÓN	87
	BIBLIOGRAFÍA	89
	ANEXOS	90
1.	PLANOS EDIFICIO.....	90
2.	PLANOS MUEBLES Y CARPINTERÍAS.....	98

Fecha: 26/03/2010	Nombre Acrónimo del Documento: Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	Versión: 1.0	Página: 4/102
-----------------------------	--	------------------------	-------------------------



1. Introducción

1.1. Ámbito del proyecto

El diseño en tres dimensiones (3D) asistido por ordenador es un campo de la informática muy amplio, presente ahora más que nunca en nuestra vida cotidiana. Desde publicidad y series en televisión, películas de animación o efectos especiales, hasta entretenimiento digital o diseño de espacios arquitectónicos. Todos estos campos utilizan cada vez más las técnicas y herramientas de computación gráfica para su realización.

Los arquitectos tienen que depender de la imaginación de los clientes para visualizar cualquier propuesta arquitectónica que diseñan y que plasman en los planos, dando por hecho que los clientes están familiarizados con símbolos arquitectónicos, y que tienen la formación y la experiencia necesarios para poder visualizar imágenes tridimensionales a partir de planos mostrados en 2 dimensiones.

Es por esto que cada vez se va haciendo más necesario el utilizar herramientas de apoyo para lograr facilitar la visualización de dichos entornos arquitectónicos. El uso de herramientas de computación gráfica hace que esto sea posible.

Es precisamente en el diseño 3D de espacios arquitectónicos, donde se enmarca el proyecto fin de carrera "Modelo de render en tiempo real aplicado al diseño arquitectónico" (Proyecto en lo que sigue). El diseño tridimensional de espacios arquitectónicos se sirve de la tecnología y avances informáticos aplicados a la arquitectura para visualizar o recrear una estructura o un edificio, así como sus espacios interiores y exteriores, distribución, etc.

1.2. Objetivos

El objetivo del proyecto es la realización de un modelo tridimensional del edificio de "La Fábrica de Vivir" (en adelante FDV), un conjunto de viviendas de bajo coste basado en tres premisas fundamentales: la necesidad de vivienda de los jóvenes con intención de independencia, el escaso poder adquisitivo de este sector de la

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	5/102



población y el precio de las ofertas más económicas tanto de venta como de alquiler de viviendas existentes en el mercado. La finalidad es que el modelo pueda ser integrado en terceras soluciones, y en especial, en el desarrollo de una presentación virtual del complejo de viviendas que permita realizar una visita por el mismo, así como navegar libremente por él. Opcionalmente, se podrá realizar un video de presentación de alto nivel foto-realista que ayude a mostrar a posibles clientes una representación visual del aspecto que tendría el proyecto una vez acabado.

Se prestará especial atención a que el modelo generado sea, en la medida de lo posible, lo más flexible y adaptable para su uso en futuros desarrollos externos no contemplados.

1.3. Estructura del documento

A continuación se enumeran los capítulos contenidos en el documento junto con una breve descripción de su contenido:

1.- Introducción

Esta sección contiene una breve visión de lo que se intentará conseguir a lo largo del proyecto y de dónde ha surgido la necesidad de su creación, así como una pequeña visión de la estructura del documento.

2.- Estado del arte

Identificación y análisis de las distintas herramientas y técnicas disponibles actualmente, así como una justificación de la elección de las mismas para su uso en el proyecto.

3.- Objetivos

Expone y establece los objetivos que debe cumplir el desarrollo del modelo así como las características y funcionalidades que pretende cubrir.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	6/102

4.- Desarrollo

Esta sección incluye un detalle de los costes de desarrollo del proyecto y las fases que lo componen.

Especifica también los pormenores de las distintas etapas del proyecto. Dentro de cada etapa se explican en detalle las distintas acciones llevadas a cabo. Así mismo, se presentan los diversos problemas que han surgido durante la realización del proyecto, así como las soluciones que se han tomado para afrontarlos.

Por último se incluye tanto el manual de usuario como el manual de referencia que guía y facilita la integración y uso del modelo en futuros desarrollos.

5.- Resultados

Expone los productos obtenidos así como la adecuación de los resultados a los objetivos y propósitos de los mismos.

6.- Conclusiones

Pone de manifiesto las conclusiones de carácter general sobre el ámbito y desarrollo del proyecto para concluir con ciertas reflexiones y conclusiones sobre las aportaciones personales percibidas durante el desarrollo.

7.- Líneas futuras

Enumera y detalla las posibles mejoras a introducir así como las líneas futuras de trabajo recomendadas en caso de querer extender y continuar el desarrollo del proyecto.

Fecha: 26/03/2010	Nombre Acrónimo del Documento: Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	Versión: 1.0	Página: 7/102
-----------------------------	--	------------------------	-------------------------

2. Estado del arte

En esta sección se hará un repaso de las tecnologías disponibles para el modelado de edificios y elementos arquitectónicos en 3D, así como técnicas de generación de imágenes en tiempo real.

2.1. Diseño en tres dimensiones

El diseño asistido por ordenador, denominado CAD o *Computer Aided Design* en Inglés, es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y a otros profesionales del diseño en sus respectivas actividades a la hora de realizar planos, visualizaciones u otras presentaciones gráficas. Su uso está ampliamente extendido en la actualidad y es un campo en constante evolución; a medida que avanzan las capacidades computacionales se desarrollan nuevos métodos que obtienen resultados cada vez más realistas y detallados.

Las herramientas de dibujo y diseño en 3D se basan en las entidades geométricas de superficies y sólidos, añadidas a las entidades de dos dimensiones, como son puntos, líneas, arcos y polígonos. De los modelos pueden obtenerse planos con cotas y anotaciones para generar la documentación técnica específica de cada proyecto. Los modeladores en 3D pueden, además, producir pre-visualizaciones fotorealistas de un producto, aunque a menudo se prefiere exportar los modelos a programas especializados en visualización y animación, como Maya, Softimage XSI, 3DS Max, Lightwave y un largo etcétera.

En la figura 1 se puede observar un ejemplo de diseño asistido por ordenador aplicado a la ingeniería.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	8/102

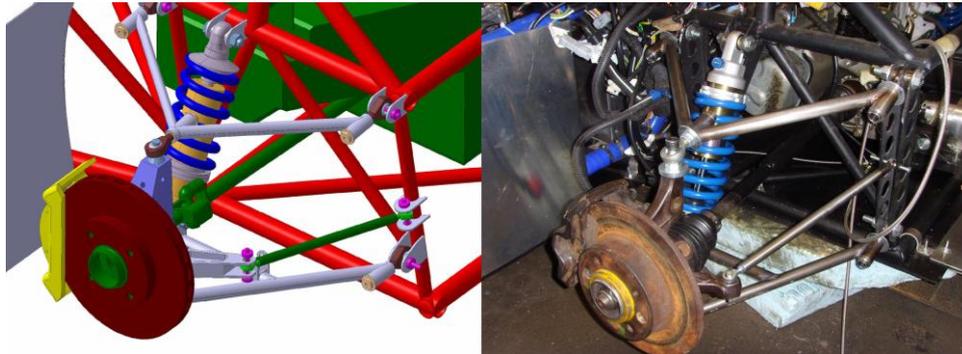


Figura 1. Diseño asistido por ordenador.

2.2. Renderización

La renderización es el proceso de generar una imagen desde un modelo, y se suele aplicar en la computación gráfica, más comúnmente a la infografía. En infografía este proceso se desarrolla con el fin de imitar un espacio 3D formado por estructuras poligonales, comportamiento de luces, texturas, materiales (agua, madera, metal, plástico, tela, etcétera) y animación, simulando ambientes y estructuras físicas verosímiles. Una de las partes más importantes de los programas dedicados a la infografía son los motores de renderizado, los cuales son capaces de realizar técnicas complejas como radiosidad, *raytrace* (trazador de rayos), canal alfa, reflexión, refracción o iluminación global.

Cuando se trabaja en un programa de diseño 3D asistido por ordenador, normalmente no es posible visualizar en tiempo real el acabado final deseado de una escena 3D compleja ya que esto requiere una potencia de cálculo demasiado elevada, por lo que se opta por crear el entorno 3D con una forma de visualización más simple y técnica, y luego generar el lento proceso de renderización para conseguir los resultados finales deseados. El tiempo de render depende en gran medida de los parámetros establecidos en los materiales y luces, así como de la configuración del programa de renderizado.

Para conseguir un modelo arquitectónico de aspecto realista es necesario emplear millones de polígonos y requiere utilizar gigabytes de datos, mucho más de lo que los equipos y PCs de sobremesa actuales son capaces de manejar para tener una experiencia interactiva aceptable. Simular vistas a través de ventanas y refracciones en

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	9/102

superficies reflectantes es difícil y costoso en términos de recursos computacionales. También cabe destacar la dificultad de proporcionar un interfaz natural que facilite la navegación a través de un espacio virtual, considerando el paradigma actual de movimiento y controles.



Figura 2. Imagen renderizada.

2.3. Info-arquitectura en 3D

Dentro del amplio campo del diseño 3D se encuentra la especialización denominada como info-arquitectura 3D. Esta especialidad comprende la utilización de las herramientas de diseño 3D para construcción de modelos arquitectónicos, tanto espacios interiores como exteriores. En cierto modo se puede considerar como el siguiente paso a los tradicionales planos de construcción realizados en papel.

Con la info-arquitectura 3D se consigue crear un modelo tridimensional de un edificio o estructura con gran precisión y detalle. La info-arquitectura se usa habitualmente para vislumbrar el resultado de futuros proyectos antes de ser construidos y este es el caso particular del proyecto. Se desea que la visualización tridimensional del bloque de viviendas permita que los usuarios y clientes tengan un mejor entendimiento del aspecto final que tendrá el complejo. De esta forma se permite al arquitecto mostrar al cliente el diseño arquitectónico propuesto, y obtener una respuesta en tiempo real por parte del mismo mientras el cliente "pasea" por el interior del edificio, interactuando con el sistema. Como resultado, posibles fallos o errores en el plan arquitectónico pueden ser descubiertos y subsanados durante los

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	10/102



primeras fases del proceso de construcción, abaratando así el coste final del proyecto y reduciendo tiempos de entrega.

En general, las herramientas y técnicas utilizadas para la infografía 3D aplican también a aquellas usadas en la info-arquitectura 3D. Si bien, es cierto que dada la naturaleza de la misma y debido a que las arquitecturas siguen un patrón más o menos recurrente, existen procedimientos y soluciones a la hora de llevar a cabo un proyecto de este tipo que facilitan y guían las distintas fases de desarrollo. Si además se tiene en cuenta que la arquitectura a replicar digitalmente es un edificio nos encontramos en un terreno aún más específico. Hablamos del terreno de las arquitectura habitables; arquitecturas diseñadas con el cometido de albergar y ser utilizados por personas.

Las arquitecturas habitables siguen un patrón recurrente. Además, en el diseño de este tipo de arquitecturas se usan mayoritariamente polígonos regulares y se caracteriza por la ausencia de curvas o superficies complejas. No obstante, en ocasiones nos encontramos con diseños vanguardistas que difieren de estas características, pero por regla general nos encontramos ante un patrón muy regular. Sin ir más lejos, la estructura básica suele ser paredes verticales combinadas con suelos y techos horizontales que se combinan para formar las distintas salas o espacios, los cuales se conectan y delimitan mediante puertas y ventanas.

En un desarrollo enmarcado en el campo del diseño 3D, y por lo tanto, también en el de uno basado en la info-arquitectura 3D, existen varias fases o etapas diferenciadas. Cada una de ellas cuenta con sus propias características y por lo tanto es necesario la disposición de distintos profesionales, técnicas y herramientas para su correcta realización. En las próximas secciones se abordará cada una de estas fases.

Mediante un estudio de las técnicas y herramientas se justificará la elección del entorno de desarrollo para la realización del proyecto.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	11/102



2.4. Modelado realista del edificio en 3D

El modelado, como su propio nombre indica, es la fase en la que se construye y genera el modelo en sí, y representa la fase central del desarrollo, así como la etapa que mayores recursos temporales consume.

Existen multitud de herramientas de modelado 3D en el mercado, cada una de las cuales tiene sus puntos fuertes dependiendo del campo de actuación concreto. Sin lugar a dudas, las herramientas más extendidas y usadas, tanto en proyectos de mediana o gran envergadura, son las presentadas por la empresa Autodesk. Específicamente diseñada para la info-arquitectura Autodesk cuenta con AutoCAD; una herramienta profesional con todas las funcionalidades necesarias y de nivel técnico muy alto, la cual es usada incluso para el diseño de piezas en el campo de la ingeniería en la que la exactitud es un factor clave. En las últimas versiones de AutoCAD se han incluido herramientas que permiten al usuario generar, no solo planos y modelos en dos dimensiones, sino también estructuras tridimensionales, que ayudan a obtener una mejor visualización de los elementos diseñados.

La finalidad del modelo que se busca generar pretende obtener un nivel técnico alto, que pueda incluir medidas y detalles técnicos de la propia arquitectura. Se busca que el modelo final sea lo más fidedigno posible al aspecto final que tendrá el edificio una vez construido, acabado y amueblado. Además, es relevante considerar la posterior necesidad de texturizado y tratamiento para su exportación y uso en un motor de renderizado en tiempo real.

Estas características y requisitos impuestos hacen que las herramientas más indicadas para el desarrollo del proyecto sean aquellas herramientas de modelado 3D de ámbito general, pudiendo apoyarse en el uso de herramientas específicas para la info-arquitectura, entre las que se incluyen la anteriormente citada AutoCAD.

2.5. Render en tiempo real

En el renderizado en tiempo real el aspecto principal es el rendimiento. Se trata de una de las áreas interactivas de los gráficos por ordenador, y se basa en el proceso de generación de imágenes sintéticas realizado a suficiente velocidad, de tal manera

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	12/102



que el usuario puede interactuar con un ambiente virtual. Uno de los campos donde más se utiliza el renderizado en tiempo real es en el de los videojuegos. La tasa a la cual se muestran las imágenes se mide en fotogramas por segundo (fps) o en hercios. La tasa de imágenes es una medida de cuán rápido puede producir imágenes consecutivas un dispositivo. Si una aplicación es capaz de mostrar 15 o más fotogramas por segundo se considera que se muestra en tiempo real.

Existe un conjunto de procesos que se llevan a cabo para poder generar gráficos en tiempo real. Se trata de la tubería de renderizado de gráficos o *pipeline*. Su función principal es la de generar, o renderizar, una imagen en dos dimensiones, dados una cámara virtual, objetos tridimensionales (es decir, objetos que poseen altura, anchura y profundidad), fuentes de iluminación, modelos de iluminación, texturas, etc.

La arquitectura del *pipeline* de renderizado en tiempo real puede ser dividida en tres etapas conceptuales, las cuales se describen a continuación. Estas etapas se componen de una fase de aplicación, otra de geometría y finalmente la fase de rasterización.

- Fase de aplicación

La fase de aplicación está implementada en el software, dando así a los desarrolladores el control de la implementación para conseguir alterar el rendimiento final. Entre los aspectos que puede abarcar esta fase se encuentran el control de colisiones, técnicas de aceleración, animaciones, sistemas de retroalimentación de fuerzas, etc.

El control de colisiones es uno de los procesos que suele implementarse durante esta fase. Dicho proceso incluye algoritmos que detectan si dos objetos en una escena entran en colisión. Al detectarse una colisión entre dos objetos, se debe generar una respuesta que es enviada a ambos objetos.

Otros procesos también incluidos en esta fase son la animación de texturas, animaciones realizadas con transformaciones, deformación de geometría, o cualquier tipo de cálculos que no se realicen en cualquiera de las otras fases. Al final de la fase de aplicación, que coincide con ser la parte crucial de la misma, la geometría que va a ser renderizada es proporcionada a la próxima fase del pipeline de renderizado en

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	13/102



tiempo real. Son estas las primitivas de renderizado que probablemente acabarán siendo mostradas en el dispositivo de salida; puntos, líneas, triángulos, etc.

- Fase de geometría

La fase de geometría es la responsable de la mayoría de las operaciones que se realizan por vértice o polígono; lo cual quiere decir que en esta fase se realizan los cálculos de lo que será dibujado en el dispositivo, el cómo debería ser dibujado, y donde debería ser dibujado. En algunos casos, esta fase se puede definir como una o varias fases del pipeline de renderizado en tiempo real, en parte debido a distinta implementación de esta fase. Sin embargo, en este caso la fase es dividida en distintos grupos funcionales:

Transformación del modelo y del visionado.

Antes de que el modelo final sea mostrado en el dispositivo de salida, el modelo es transformado en varios sistemas de coordenadas o espacios distintos. Es decir, cuando un objeto está siendo movido o manipulado, son los vértices del objeto los que están siendo transformados.

Iluminación.

Con el objetivo de que el modelo tenga un aspecto más realista, una o más fuentes de iluminación son añadidas a la escena cuando se está transformando el modelo. Sin embargo, esta fase no puede ser alcanzada sin que se haya terminado de completar la transformación de la escena tridimensional en un espacio de visionado; el espacio de visionado es donde la cámara está colocada en su origen y orientada de tal forma que ésta se encuentra observando en la dirección del eje negativo Z, del eje Y positivo y del eje X positivo.

Proyección.

Existen dos tipos de proyección; ortográfica (también llamada paralela) y perspectiva. La proyección ortográfica se utiliza para representar un modelo 3D en un espacio bidimensional. La principal característica de la proyección ortográfica es que las líneas paralelas se mantienen incluso después de la transformación sin distorsionarlas. La proyección perspectiva es una representación aproximada, en una

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	14/102

superficie plana, de cómo una imagen es percibida por el ojo humano. Si la distancia del observador con respecto al objeto es mayor, el objeto aparecerá más pequeño. En la imagen de la figura 3 se puede observar un ejemplo de ambos tipos de proyección. La imagen central de la casa presenta un caso de proyección perspectiva, mientras que cualquiera de los 6 lados del cubo podría considerarse como una proyección ortográfica.

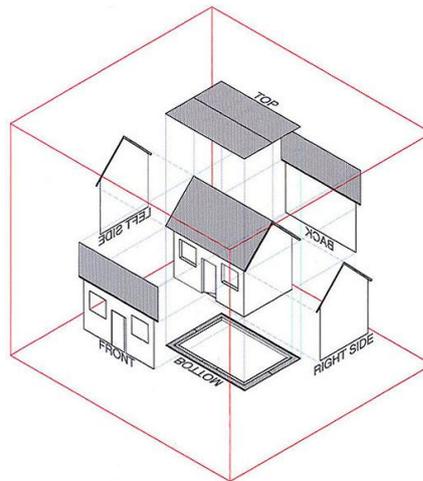


Figura 3. Proyección ortográfica y perspectiva.

Clipping.

La palabra inglesa *clipping* se usa en el ámbito del diseño 3D para designar al proceso de remover primitivas que están fuera del rango de visión y así continuar con la fase de rasterización. Dichas primitivas que se encuentran fuera de visión son eliminadas o ignoradas por parte del ordenador. Una vez que han sido excluidas, aquellas primitivas que sí se encuentren dentro del campo de visión serán dibujadas en forma de triángulos para que procedan a pasar a la próxima etapa.

Mapeado de pantalla.

El propósito de mapear la pantalla, como su propio nombre indica, es el de encontrar las coordenadas de las primitivas que se determinaron que se encontraban dentro del rango de visión en la fase de *clipping*. Dichas primitivas y otros elementos serán rasterizados en la siguiente fase.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	15/102



- Fase de rasterización

Una vez que se han completado todos los pasos necesarios en las dos etapas anteriores, todos los elementos, incluyendo las líneas que han sido dibujadas y los modelos que fueron transformados, son preparados para comenzar la fase de rasterización. Dicha fase consiste en convertir todos esos elementos en píxeles, o elementos de la imagen, así como añadirles el color correspondiente.

2.6. Iluminación global

La iluminación global es un nombre general utilizado para designar al grupo de algoritmos utilizados en gráficos 3D por ordenador que tienen como objetivo dar una iluminación más realista a escenas tridimensionales. Dichos algoritmos tienen en consideración no solamente la luz que recibe una escena de una fuente de iluminación (iluminación directa), sino también todos los subsecuentes casos en los que los rayos de luz de una misma fuente son reflejados por otras superficies en la escena, sean estas reflectantes o no (iluminación indirecta).

Teóricamente, los reflejos, refracciones, y las sombras son todos ejemplos de iluminación global, ya que al simularlos, el renderizado de un objeto es afectado por otros objetos de la escena, lo que no ocurre a un objeto cuando solo se aplica luz directa. Sin embargo, en la práctica solamente la cáustica se considera iluminación global, es decir, la envolvente de los rayos de luz reflejados o refractados por una superficie curva u objeto, o la proyección de esa envolvente de rayos en otra superficie.

Aquellas imágenes renderizadas utilizando algoritmos de iluminación global poseen un aspecto más fotorealista que aquellas que utilizan solamente algoritmos de iluminación directa. Sin embargo, dichas imágenes son computacionalmente más costosas de generar y consecuentemente requieren de más tiempo. Una alternativa común que se utiliza es computar la iluminación global de una escena y almacenar dicha información en la geometría, utilizando una técnica denominada radiosidad. Esa información almacenada puede ser utilizada para generar imágenes desde distintos puntos de vista para generar recorridos de una escena sin tener que recurrir a las costosos cálculos de iluminación constantemente.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	16/102



La radiosidad, *raytracing* (trazado de rayos), *beam tracing*, *cone tracing*, *path tracing*, *Metropolis light transport*, oclusión ambiental, mapeado de fotones, y la iluminación basada en imágenes son ejemplos de algoritmos utilizados en iluminación global, algunos de los cuales pueden ser utilizados conjuntamente para producir resultados más veloces, pero manteniendo la precisión y calidad de imagen. Estos algoritmos modelan la luz que se refleja en objetos que no son brillantes o especulares, denominado inter-reflejo entre elementos difusos, lo cual es una parte principal de la iluminación global; Sin embargo, la mayoría de dichos algoritmos, excluyendo la radiosidad, también modelan la reflexión especular, lo que los convierte en algoritmos más precisos para calcular la iluminación y proporcionar una escena con una iluminación más realista. Los algoritmos utilizados para calcular la distribución de la energía lumínica entre las distintas superficies de una escena está directamente relacionada a simulaciones de transferencia de calor realizadas utilizando métodos de elementos finitos en el diseño de ingeniería.

En gráficos 3D en tiempo real, el componente del mencionado inter-reflejo entre elementos difusos en la iluminación global es en muchos casos muy aproximado a un término "ambiente" en la ecuación que calcula la iluminación de una escena, también conocido como "iluminación ambiental" o "color ambiental" en paquetes de software 3D. Aunque este método de aproximación, considerado en muchos casos un truco para poder simular el método de iluminación global, es fácilmente calculable computacionalmente, si no se acompaña de otras técnicas de iluminación no se puede conseguir un efecto realista adecuado para la escena. Se conoce que la iluminación ambiental se encarga de "aplanar" las sombras en escenas en tres dimensiones, haciendo que el efecto visual global de la escena sea más anodino. Sin embargo, si se utiliza adecuadamente, la iluminación global puede representar una forma de compensar la falta de poder de procesamiento de un ordenador para conseguir una iluminación más realista. A continuación se presentan dos imágenes que muestran las diferencias de aplicar algoritmos de iluminación global a una escena.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	17/102

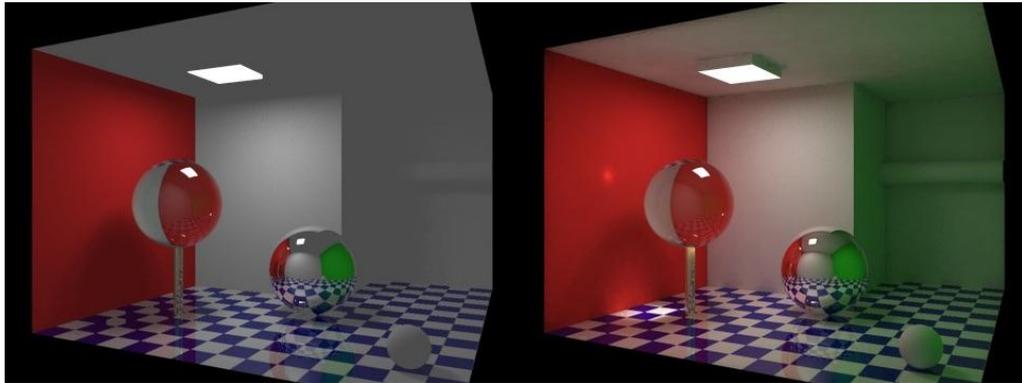


Figura 4. Escena que utiliza solamente iluminación local (izquierda) y la misma escena aplicando iluminación global (derecha).

2.7. Radiosidad

Antes de comenzar a explicar el algoritmo de radiosidad, se detallarán brevemente los dos tipos principales de reflexión que la luz realiza sobre una superficie: la reflexión especular y la reflexión difusa. Si la superficie de un material es microscópicamente lisa y plana, como en el caso del vidrio, los haces de luz incidentes y reflejados crean el mismo ángulo con una normal a la superficie de reflexión produciendo una reflexión especular. Si la superficie de un material es "rugosa", y no microscópicamente lisa, se producirán reflexiones difusas. Cada rayo de luz que cae en una partícula de la superficie obedecerá la ley básica de la reflexión, pero como las partículas están orientadas de manera aleatoria, las reflexiones se distribuirán de manera aleatoria. Una superficie perfecta de reflexión difusa en la práctica reflejaría la luz igualmente en todas direcciones, logrando una terminación mate perfecta.

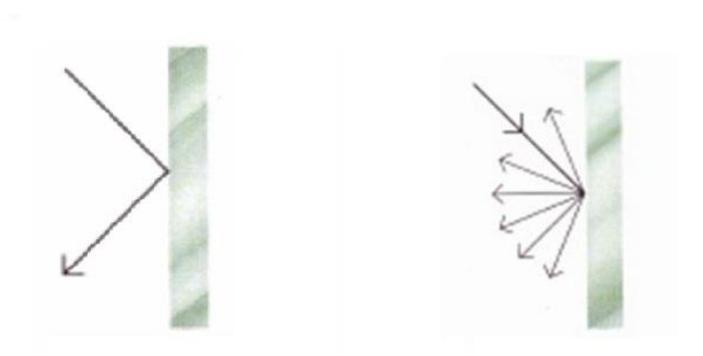


Figura 5. Reflexión especular (izquierda) y reflexión difusa (derecha).

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	18/102

La radiosidad es un algoritmo de iluminación global que se utiliza en el renderizado de imágenes 3D por ordenador. Se trata de una aplicación del método de elementos finitos para resolver la ecuación de renderizado para escenas con superficies puramente difusas. Al contrario que los algoritmos basados en la clase Monte Carlo que manejan todos los tipos de trayectorias de luz, los métodos de radiosidad están comúnmente asociados a trayectorias que desprenden una fuente de iluminación y que son reflejadas difusamente un número determinado de veces, que puede ser cero, antes de encontrarse con el ojo de la persona que observa la escena. Los cálculos de radiosidad no dependen del punto desde el que se observa la escena, lo cual incrementa el número de cálculos que se deben de llevar a cabo, pero hace que el algoritmo sea más útil para diversos puntos de vista.

La inclusión de cálculos de radiosidad en el proceso de renderizado conlleva el elemento añadido de poder otorgar un mayor grado de realismo a una escena, por la manera en la que es capaz de imitar fenómenos y aspectos visuales del mundo real. Para ver más en detalle cómo funciona la radiosidad, vamos a ver como se aplica el algoritmo a una escena simple que muestra una habitación iluminada utilizando distintas técnicas.

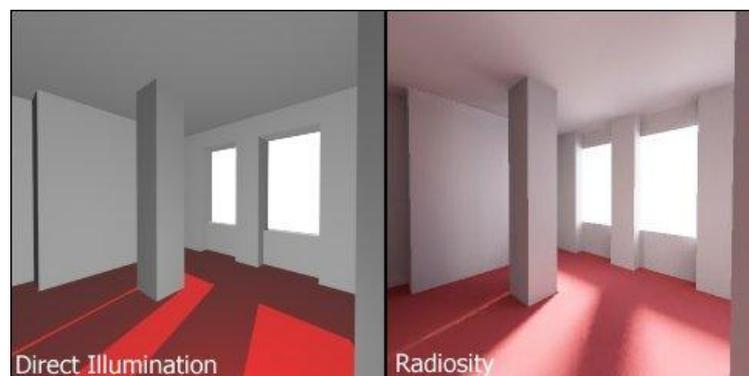


Figura 6. Escena que utiliza solamente iluminación directa (izquierda) y la misma escena aplicando radiosidad (derecha).

La imagen de la izquierda fue renderizada utilizando una simple iluminación directa. Existen tres tipos distintos de luz en esta escena que han sido escogidos específicamente y colocados por el creador de la escena en un intento de crear una iluminación realista: Focos de iluminación con sombras (colocados fuera de las ventanas para generar un reflejo de la luz en el suelo), iluminación ambiental (sin la

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	19/102



cual cualquier parte de la habitación que no estuviera directamente iluminada por alguna fuente de luz quedaría completamente a oscuras), y finalmente iluminación omnidireccional sin sombras (para reducir el efecto plano de la iluminación ambiental).

En la derecha se puede observar una imagen que fue renderizada empleando un algoritmo de radiosidad. Solamente existe una fuente de iluminación: Una imagen del cielo colocada fuera de la ventana. La diferencia se puede observar a simple vista. La habitación brilla con otra luminosidad y es notable la presencia de luz en la escena. Sombras suaves pueden ser apreciadas en el suelo, y los sutiles efectos de iluminación se pueden observar por toda la habitación. Adicionalmente, el color rojizo de la alfombra se puede observar también en las paredes grises, dándoles un aspecto más cálido. Ninguno de estos efectos fueron diseñados o escogidos específicamente por el creador de la escena, se trata del resultado de aplicar el algoritmo de radiosidad.

2.8. Mapas de luces

Un mapa de luces, también conocido como *lightmap*, es una estructura de datos de luz utilizada comúnmente por motores de videojuegos y que contiene los valores de brillo de las superficies de los objetos de una escena. Dichos mapas son pre-computados y se utilizan como objetos estáticos. Los dos métodos más comunes para generar un mapa de luces son pre-computar la iluminación de los vértices de un objeto utilizando la distancia de cada vértice a la luz, o bien utilizando texturas múltiples donde una de esas texturas contiene los elementos de iluminación del objeto.

Los mapas de luces que se suelen utilizar en el desarrollo de videojuegos suelen consistir en imágenes que utilizan escalas de grises, limitando el brillo u oscuridad de un elemento a valores que oscilan desde el 0 (negro) al 255 (blanco). Suelen ser mapas planos, carentes de información referentes a la dirección de la luz, para tratar de obtener una iluminación de la escena más realista primando el rendimiento en tiempo real de la aplicación.

A continuación se muestra el efecto de combinar una textura con un mapa de luces para obtener una textura resultante con iluminación pre-computada.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	20/102



Figura 10. Mapa de luces aplicado a una textura base.

2.9. Mapeo y texturizado

Por lo general la fase de modelado y la de texturizado y mapeo representan dos etapas totalmente diferenciadas. En proyectos de mediana y grande envergadura existen especialistas diferenciados para cada una de estas fases, una vez el modelador finaliza su trabajo, comienza la labor de la persona que se encarga de mapearlo y texturizarlo.

El mapeo y texturizado, referido de ahora en adelante como texturizado, se realiza en paralelo y permite dotar a un determinado objeto de una apariencia realista. Esta fase sería equivalente a la asignación de un material a un determinado objeto, el cual contiene determinadas propiedades que lo caracterizan, a saber; el color, índice de refracción, rugosidad de superficie, dureza, etc.

A continuación se abordará la fase de mapeo y texturizado de manera independiente para exponer las decisiones tomadas para el desarrollo.

2.9.1. Mapeo

El mapeo, del inglés *mapping*, consiste básicamente en seleccionar y asociar una figura geométrica, la cual contendrá realmente la textura y que envolverá al objeto original proyectando la textura sobre este último. La clave está en la elección de una figura geométrica que sea lo más simple posible. Con ello se busca optimizar al máximo el uso de recursos computacionales a la hora de su renderizado. En la Figura 7 se puede observar un mueble de un apartamento que contiene 108 caras, el cual ha

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	21/102

sido mapeado usando un cubo. La complejidad en el cálculo de la textura e iluminación, entre otros, se reduce enormemente al tener que realizar los cálculos sobre 6 superficies en lugar de hacerlo sobre 108.

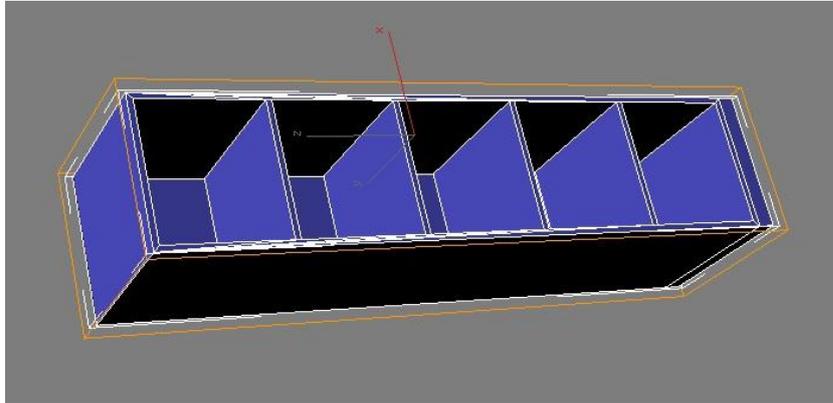


Figura 7. Ejemplo de mapeo de un mueble (en azul) envolviéndolo con un cubo (en naranja).

La técnica de mapeo más común, la cual será usada para este proyecto, se denomina mapeo UVW (del inglés *UVW Mapping*). El mapeo UVW es una variante del mapeo genérico anteriormente explicado. El mapeo UVW es básicamente una técnica que permite aplicar una imagen en dos dimensiones, denominada comúnmente como textura, sobre un objeto 2D o 3D.

Por lo general todas las herramientas de modelado disponen de las funcionalidades necesarias para realizar el mapeo UVW. En el caso de 3DS Max y otros paquetes de software 3D, esta opción viene integrada en el software y dispone de multitud de opciones y funcionalidades extra. Para el mapeo del edificio FDV bastará con el uso de las opciones básicas. Además, de esta manera se asegura la compatibilidad una vez exportado el modelo. Aunque los entornos de modelado suelen disponer de multitud de opciones complejas, algunas de ellas no son compatibles con distintos motores de renderizado en tiempo real, por lo que se mantendrán las opciones de mapeo con configuraciones básicas, facilitando así la exportación del modelo.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	22/102



2.9.2. Texturizado

Una vez realizado el mapeo hay que aplicar una textura que irá superpuesta en la figura utilizada como mapeo. El texturizado se puede considerar como el tipo de material y las características con las que se dotan a cada objeto. Se puede especificar su color, rugosidad, índice de reflexión, luminosidad y diversas opciones más. El texturizado puede ser una fase muy compleja dependiendo del compromiso y calidad que se quiera obtener, lo que ha dado como resultado la presencia de profesionales especializados y dedicados en exclusiva a esta fase del diseño 3D.

Un mapa de texturas se aplica o se mapea a la superficie de una forma o polígono. Se pueden combinar diversas texturas sobre un mismo objeto para intentar aumentar el grado de realismo del acabado final. Se puede así por ejemplo aplicar un mapa de luces en forma de textura y así iluminar la superficie del objeto, proporcionando una alternativa a tener que calcular la iluminación sobre el objeto cada vez que dicha superficie sea renderizada. Otra técnica de uso de texturas múltiples es la del *Bump Mapping*, que se emplea para dar un efecto de relieve sin modificar la topología o la geometría de un objeto y dar así aspectos de rugosidad a su superficie, otorgando mayor realismo en elementos tales como el asfalto, la corteza de un árbol, etc.

Existe adicionalmente la ya mencionada técnica del mapeo UVW, que consiste en superponer una textura 2D sobre un objeto 2D o 3D. Sin embargo, no se ha abordado la naturaleza de esta textura 2D aplicada. Estas texturas pueden usar desde una imagen en formato “.jpg” hasta una textura generada por procedimientos mediante algoritmos matemáticos. Pueden modificar la superficie, emitir luz, crear sombras y diversas opciones más. La aplicación de la textura junto con la elección de un motor de renderizado e iluminación condicionan fuertemente el resultado y realismo del resultado.

El siguiente aspecto a tener en cuenta viene condicionado por la aplicación de las imágenes generadas sobre la figura geométrica seleccionada en la fase de mapeo. La idea es que la imagen debe cubrir toda la superficie de la figura de manera que sea proyectada sobre la figura original. Lo más común es que existan dos tipos de texturas.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	23/102

Las primeras y más simples son las texturas cuya aplicación en un objeto cubren toda la superficie y por lo tanto se repiten una única vez. Por otro lado están las texturas tipo mosaico, las cuales no llegan a cubrir toda la superficie del objeto y es necesaria su repetición a través de la superficie del objeto.

En el texturizado de un edificio la mayor parte de las texturas que se utilizan son texturas de repetición. Aunque las texturas de repetición suelen ofrecer resultados con menor calidad de detalle, suele compensar su uso debido a que se optimiza el uso de recursos, es decir, ocupan menos y se pueden reutilizar en varios objetos. Además, supone un importante ahorro de tiempo en su creación y el espacio utilizado en memoria es menor, por lo que supone un consumo menor de los recursos computacionales.

Para que la visualización de una textura de repetición sea correcta hay que tener en cuenta que el motivo de la textura sea uniforme en los márgenes de la imagen original. La Figura 8 muestra el modo en que una textura se repite para cubrir por completo la superficie requerida.

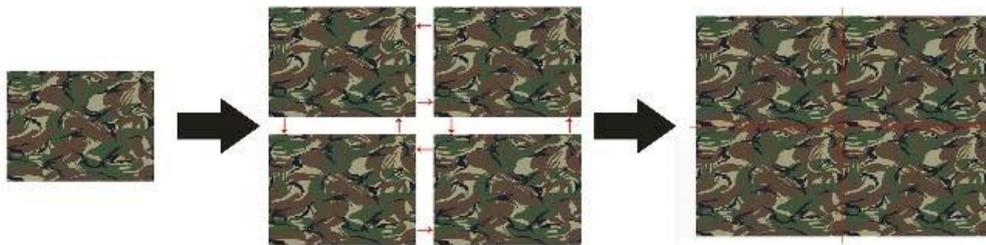


Figura 8. Ejemplo de aplicación de una textura de repetición.

Dependiendo si la textura se repite únicamente a través de un eje (repetición horizontal o vertical) o si se repite en ambos habrá que considerar la homogeneidad del motivo en los extremos verticales o laterales.

Una vez generada la textura no queda más que aplicarla dentro del software de modelado 3D elegido. Para la aplicación habrá que especificar el tamaño, dirección y orientación de la imagen. En la figura 9 puede verse un ejemplo del texturizado de un mueble del apartamento utilizando una imagen de repetición que simula el efecto de

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	24/102

la madera, utilizando adicionalmente una textura *bump map* para simular la sensación de rugosidad.



Figura 9. Objeto con texturas aplicadas.

2.10. Elección de técnicas y herramientas

A continuación se detallan las consideraciones que han sido tomadas a la hora de elegir cada una de las herramientas y técnicas disponibles para la realización del proyecto. Se dará una justificación razonada del por qué de cada elección, así como los argumentos que marcaron la decisión final.

2.10.1. Modelado

Se presenta a continuación un listado de todas las herramientas de modelado en 3D consideradas para el presente proyecto. Existen infinidad de ellas y posiblemente muchas de las que no están presentadas a continuación sean también perfectamente válidas para el cometido que aquí se expone. Los criterios de selección de las herramientas consideradas se han basado principalmente en la capacidad de adaptación al presente proyecto, tanto en manejabilidad como compatibilidad, así como en la obtención de resultados o productos finales derivados del uso de la herramienta. La única restricción evidente es que la herramienta debe ser apta para info-arquitectura 3D.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	25/102



Producto	Desarrollador	Página web
3DS Max 2010	Autodesk	http://www.autodesk.com/3dsmax
AutoCAD 2010	Autodesk	http://www.autodesk.com/autocad
Maya	Autodesk	http://www.autodesk.com/maya
Blender	Fundación Blender	http://www.blender.org
LightWave	Newtek	http://www.newtek.com
Cinema 4D	Maxon	http://www.maxon.net
POV-Ray	The POV-Team	http://www.povray.org

Tabla 1. Listado de software apto para info-arquitectura 3D.

La elección de una herramienta particular en esta primera etapa de desarrollo puede presentar una elección crítica. Todas estas herramientas ofrecen, en mayor o menor medida, exportaciones del modelo a formatos estandarizados, de manera que pueden intercambiarse y migrarse desde y hacia la mayoría de las herramientas de modelado disponibles.

Las grandes diferencias a tener en cuenta vienen principalmente en las fases de texturizado y renderizado, así como en el posterior tratamiento del modelo obtenido para adaptarlo a las necesidades particulares de cada situación. La fase de modelado no presenta mayores restricciones y problemáticas a tener en cuenta.

La intencionalidad del modelado del edificio FDV es doble. Por un lado, el aspecto principal que se busca es la integración como escena manejable por un motor de renderizado en tiempo real. Esta es la finalidad inicial y principal del proyecto, aunque también se considera a aquellos clientes que no posean un equipo suficientemente potente o con las prestaciones necesarias para poder visualizar correctamente la visita guiada del edificio. Para ellos se podría plantear realizar un

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	26/102



video de acabado foto-realista que podría ser descargado por los usuarios y que no requiere de equipos tan potentes para su visionado.

En segundo lugar, y como requisito deseable, se busca que el modelo sea lo más adaptable posible a terceras soluciones. Es decir, se busca maximizar su compatibilidad para que pueda usarse en posibles futuros proyectos no contemplados en el momento de su realización.

Dadas estas restricciones establecidas, las características buscadas en la herramientas de modelado es que disponga de funcionalidad de exportación a los principales formatos estandarizados presentes en la actual industria del diseño 3D y la posibilidad de exportación del modelo para ser utilizado por el motor de renderizado en tiempo real.

Una vez analizadas todas y cada una de las herramientas se puede concluir que todas ellas cumplen con el primer requisito impuesto y cuentan, al menos, con la posibilidad de exportación a un formato genérico fuera del formato propietario y exclusivo de la propia herramienta. Existen multitud de herramientas independientes que permiten la transformación automática entre formatos por lo que con que la herramienta disponga de exportación a alguna de ellas, generalmente será posible obtener el modelo en el formato deseado sin grandes dificultades.

Al tratarse de un proyecto realizado para una empresa se buscará también abaratar costes de producción, por lo que el uso de herramientas de código abierto puede acabar siendo un factor determinante en la elección final, considerando que el uso de herramientas profesionales supone un coste considerable a añadir al total del proyecto arquitectónico que se está llevando a cabo.

La aplicación Maya está principalmente enfocada al diseño de gráficos en 3D, efectos especiales y animación, pero su uso para la info-arquitectura 3D es bastante limitado, por lo que se descarta su uso. El caso opuesto es el de AutoCAD 2010, que se trata de una herramienta ampliamente utilizada por arquitectos para realizar sus planos y ayudar a visualizar sus ideas tanto al resto de trabajadores de un proyecto como al cliente final. El problema es que su funcionalidad en materia de entornos tridimensionales es relativamente nueva, y existen otras herramientas capaces de realizar dichas funciones de una manera más eficiente. En el caso de LightWave se

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	27/102



trata de una herramienta excesivamente compleja y con la que no se cuenta ninguna experiencia previa, estando enfocada principalmente al desarrollo de videojuegos. POV-Ray es una aplicación gratuita pero carece de un interfaz gráfico que facilite la tarea del artista de modelado, por lo que su uso podría retrasar el desarrollo del proyecto.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, para este caso particular se ha reducido la comparación a Blender y 3DS Max 2010. A continuación se detallan los puntos principales considerados en la elección de estas herramientas sobre el resto, estos puntos se basan tanto en las propias características de las herramientas como en preferencias personales del desarrollador:



Blender

1. Gratuito y licenciado bajo licencia Open Source
2. Compatible con Windows, Mac OS y Linux
3. Soporte de la comunidad de blender.org
4. Compatibilidad integrada con un gran número de formatos.



3DS Max 2010

1. Estándar de facto en el mundo del modelado 3D.
2. Experiencia previa de uso
3. Facilidad de integrar el modelo en otras aplicaciones.
4. Amplia documentación y manuales de usuario.
5. Gran compatibilidad de formatos y posibilidad de utilizar plug-ins de exportación.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	28/102



En primera instancia se consideró utilizar Blender por tratarse de una aplicación gratuita pero la compañía encargada de desarrollar el proyecto FDV estaba interesada en adquirir una licencia de 3DS Max, por lo que su mayor cantidad de herramientas de modelado, compatibilidad de formatos y la experiencia previa en el uso hizo que se considerara como mejor opción para este proyecto. Adicionalmente, 3DS Max permite crear animaciones y videos de alta calidad que posteriormente pueden ser utilizados para la producción de visitas virtuales para aquellos usuarios finales que no dispongan de un equipo lo suficientemente potente como para ejecutar la aplicación que se desea generar en este proyecto.

2.10.2. Motor gráfico

Para decidir qué motor gráfico se utilizará para el renderizado del modelo en tiempo real se consideraron varios aspectos; la capacidad de adaptación al proyecto, el coste de la aplicación, las licencias necesarias para adquirir y distribuir la aplicación, la compatibilidad con formatos 3D y el tipo de resultado final que se puede conseguir con el uso del motor gráfico. Al igual que para el modelado de objetos tridimensionales, existen multitud de aplicaciones y motores que pueden ser utilizados para este proyecto. Una vez más, la mayor restricción es que la herramienta debe ser apta para info-arquitectura 3D.

Producto	Desarrollador	Página web
DX Studio	Worldweaver	http://www.dxstudio.com/
Esperiment Creator	Esperiment Corporation	http://www.esperient.com/
Irrlicht	Nikolaus Gebhardt	http://irrlicht.sourceforge.net/
Ogre 3D	The OGRE Team	http://www.ogre3d.org
Quest3D	Act-3D	http://www.quest3d.com
Unreal Engine 3	Epic Games	http://www.unrealtechnology.com/

Tabla 2. Listado de motores gráficos y entornos de desarrollo aptos para info-arquitectura 3D.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	29/102



Existen varias distinciones a la hora de elegir el motor gráfico que se va a utilizar para el proyecto. La primera es asegurar que el motor es compatible con el formato de exportación utilizado en la herramienta de modelado del apartado anterior. La siguiente es asegurar que la herramienta elegida cumple con todos los requisitos del proyecto y, finalmente, la última consideración es que se debe tener en cuenta el desembolso económico que puede suponer el uso de la aplicación. De los productos expuestos en la tabla 2, solamente Irrlicht y Ogre 3D son propuestas de código abierto que no requieren adquirir licencias para poder distribuir los proyectos realizados con ellas. En el caso de DX Studio, Esperient Creator, Quest3D y Unreal Engine 3, se trata de aplicaciones comerciales, donde algunas de ellas especifican en sus términos de uso que el usuario debe pagar por la distribución de aquellas aplicaciones desarrolladas con el uso de su motor gráfico.

El motor gráfico Unreal Engine 3 exige que se pague un 25% de todos aquellos beneficios generados mediante el uso del kit de desarrollo que proporcionan. Puesto que se trata de un gasto difícilmente justificable para una empresa con limitados recursos económicos, se descartará utilizar esta opción, a pesar de que proporciona un estándar de facto en el mundo de los entornos virtuales. Los productos DX Studio y Esperient Creator presentan el problema de ser excesivamente complejos en su utilización, requiriendo en muchos casos de un costoso proceso de aprendizaje para el uso de la aplicación. Al realizar distintas pruebas con ambos motores, se llegó a la conclusión de que tampoco se adaptaban a las necesidades del proyecto, por lo que finalmente se descartó su utilización. Por último, cabe destacar las dos opciones de código abierto como son Irrlicht y Ogre3D. Ambos motores poseen una gran cantidad de herramientas y opciones a disposición del desarrollador y cuentan con comunidades muy activas dispuestas a colaborar en la realización de diversos proyectos. De esos dos motores gratuitos, Irrlicht es el que cuenta con mayor experiencia de uso por parte del autor del presente proyecto, por lo que ese factor jugó una baza importante en la decisión final. En el caso de Quest3D, se trata de una aplicación que encapsula todas las opciones de una plataforma de desarrollo con las de un motor de renderizado en tiempo real, pero con un entorno visual que facilita las tareas del programador y que permite modificar la aplicación incluso mientras esta se está ejecutando. Se trata de un producto utilizado generalmente para arquitectura y

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	30/102

ha tenido una gran aceptación en el sector de creación de entornos virtuales a la hora de generar aplicaciones interactivas 3D en tiempo real.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, para este caso particular se ha reducido la comparación a Irrlicht y Quest3D. A continuación se detallan los puntos principales considerados en la elección de estas herramientas sobre el resto, estos puntos se basan tanto en las propias características de las herramientas como en preferencias personales del desarrollador:

Irrlicht

1. Gratuito y licenciado bajo licencia Open Source
2. Compatible con Windows, Mac OS y Linux
3. Soporte de la comunidad de Irrlicht
4. Compatibilidad integrada con un gran número de formatos.

Quest3D

1. Herramienta ampliamente utilizada para generar entornos virtuales interactivos.
2. Entorno visual que facilita las opciones de programación, pudiendo modificar la aplicación en tiempo real mientras se ejecuta.
3. Coste de licencia asequible en comparación con otras opciones comerciales.
4. Amplia documentación y manuales de usuario.
5. Gran compatibilidad de formatos y posibilidad de utilizar *plug-ins* de exportación.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	31/102



Inicialmente se consideró utilizar Irrlicht por tratarse de una herramienta con la que se contaba con experiencia previa de uso y por tratarse de una opción gratuita que podría abaratar los costes del proyecto, pero al realizar diversas pruebas se consideró que los resultados obtenidos utilizando ese motor gráfico no se ajustaban a lo que se deseaba obtener para el proyecto FDV. Por otro lado, la aplicación Quest3D proporciona un entorno más robusto de desarrollo, sin necesidad de complicados procesos de compilación, enlace y generación de ejecutables, como ocurre con Irrlicht. Esta aplicación permite conseguir resultados más realistas a la hora de generar entornos virtuales interactivos, pudiendo trabajar con más facilidad con elementos tales como mapas de luces, elementos translúcidos y reflectantes, etc. y permite llevar a cabo el proyecto en menos tiempo. Así mismo, el entorno de desarrollo proporciona al programador información en tiempo real del estado de la aplicación y ver inmediatamente como afecta cualquier cambio que se realice en la misma. Esto supone una característica muy valiosa a la hora de depurar errores de modelado o colocación de objetos dentro de la escena virtual. El entorno de desarrollo de Quest3D permite adicionalmente generar archivos ejecutables que utilizan compresión de datos y que contienen toda la información del modelo, así como texturas, mapas de luces, etc.

2.10.3. Iluminación

El siguiente paso es decidir la técnica de iluminación que será utilizada para otorgar a la escena de mayor realismo y una sensación de volumen que acerque al usuario al aspecto final que tendrá el conjunto de viviendas. Muchas de las técnicas de iluminación mencionadas en esta sección requieren de una gran cantidad de recursos computacionales, así como de tiempo para generar la iluminación de una escena, por lo que la apuesta más acertada para un sistema que debe poder funcionar en tiempo real es el del uso de mapas de luces. Dichos mapas de luces se pueden generar haciendo uso de una combinación de algoritmos de iluminación, como pueden ser la iluminación global y la radiosidad. Estos algoritmos servirán para producir unos *lightmaps* muy detallados que, una vez aplicados al modelo dentro del entorno de desarrollo de Quest3D, permitirán obtener un mayor nivel de realismo, al tiempo que dan calidez a la escena.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	32/102



2.10.4. Texturizado

Para el presente proyecto es de vital importancia tener en cuenta la compatibilidad externa de las técnicas y opciones de texturizado que se usen. Como se había definido en los objetivos del proyecto hay que buscar la mayor compatibilidad externa posible, así como cumplir el requisito indispensable de asegurar su compatibilidad con motores de renderizado en tiempo real, al tiempo que se intenta dar el aspecto más realista a la escena para el vídeo de presentación que se podría generar.

3DS Max 2010 cuenta con su propia herramienta integrada de texturizado y dentro de la misma presenta hasta 24 tipos de materiales a los que se pueden aplicar otras tantas técnicas. El resultado es una herramienta muy flexible y potente pero a la vez difícil de manejar. Hay que considerar también que muchas de las técnicas de texturizado disponibles en 3DS Max no son compatibles con algunos motores gráficos, por lo que será necesario realizar tareas básicas de texturizado en 3DS Max y realizar efectos más avanzados en posteriores fases del proceso de desarrollo.

Para la exportación y uso del modelo en el motor de renderizado en tiempo real se ha optado por la utilización del complemento, también conocido como *plug-in* en Inglés, Padasoft DirectX Exporter y así exportar la escena al formato .X, ampliamente utilizado por diversas aplicaciones y motores de renderizado en tiempo real como es el caso de Quest3D. En la siguiente sección “Adaptación del modelo para su uso externo” se comentará en detalle el uso de esta herramienta.

El uso de este complemento para el texturizado supone un arma de doble filo. Mirándolo por el lado positivo ofrece una solución ágil y eficaz de realizar el texturizado del modelo dentro del mismo 3DS Max con la seguridad que proporciona el saber que una vez exportado e integrado en el motor gráfico la escena será totalmente compatible y no producirá fallos a la hora del renderizado. Sin embargo, añade una nueva dependencia que disminuye notablemente la adaptabilidad y compatibilidad del modelo para su uso en otros contextos. Este complemento está orientado únicamente como vía para compatibilizar el texturizado en el entorno de renderizado, por lo tanto, si se utiliza este material específico sobre un objeto, el

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	33/102



texturizado únicamente será compatible y visualizado correctamente en el motor gráfico seleccionado.

Por dicho motivo se ha optado por usarlo sólo en el caso de que sea imprescindible. En este caso particular, la limitación se presenta a la hora de realizar el texturizado de cristales y espejos, ya que los materiales estándar de 3D Studio Max no permiten la creación de transparencias o efectos de refracción que sean directamente exportables y compatibles con formato estándar y por lo tanto son incompatibles con diversos motores de renderizado. Para mantener el compromiso de ofrecer un modelo adaptable a cualquier otro entorno por cada textura generada mediante el complemento de 3DS Max, se acompañará de la correspondiente textura creada con las técnicas estándar para que el modelo pueda ser renderizado en terceras soluciones. Dichos efectos de transparencias y refracción de espejos y ventanas se aplicarán a los objetos en el entorno de desarrollo del motor Quest3D.

Se ha optado por utilizar una técnica de texturizado simple para potenciar la adaptabilidad. Si se deseara la utilización de técnicas avanzadas de texturizado para el uso de la escena en futuros desarrollos, se pondrán a disposición del usuario los archivos fuente del modelo desde los cuales se podrá aplicar efectos específicos para el motor de renderizado e iluminación deseado.

Puesto que el edificio de FDV es todavía un proyecto en desarrollo y solamente existen maquetas y planos de AutoCAD, no se puede realizar una toma inicial de fotos del edificio que permita obtener referencias exactas de cada uno de los objetos y materiales usados en el edificio. No obstante, puesto que se trata de elementos de construcción estándar, se pueden utilizar como referencia imágenes de otros edificios que utilicen estructuras y materiales similares en su construcción. Para el resto de imágenes que se utilizarán para las texturas se ha optado por su creación desde cero o por el uso y adaptación de imágenes de repositorios de internet cuyas imágenes están libres de restricciones legales.

Para la realización del edificio FDV se utilizarán imágenes en formato ".jpg" y ".bmp". El motivo de esta elección es porque aún siendo una técnica simple consigue unos resultados con gran nivel de detalle. El uso de una imagen permite emular luminosidad, rugosidad, tonalidades, etc. Todos estos detalles y otros tantos podrían

Fecha: 26/03/2010	Nombre Acrónimo del Documento: Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	Versión: 1.0	Página: 34/102
-----------------------------	--	------------------------	--------------------------



ser gestionados mediante técnicas específicas de 3DS Max, pero su uso supondría una pérdida de flexibilidad además de un aumento de complejidad en el desarrollo. Para la creación y modificación de las imágenes se puede usar un programa de retoque fotográfico, que podría ser desde el simple Microsoft Paint, hasta herramientas profesionales como Adobe Photoshop, por lo que su uso podría cubrir la necesidad de generar texturas para el modelo. En la Tabla 3 se listan algunas de las herramientas más populares existentes en el mercado.

Producto	Desarrollador	Página web
GIMP	Proyecto colaborativo	http://www.gimp.org
Freehand	Adobe	http://www.adobe.com/es/products/freehand
MS Paint	Microsoft	http://www.microsoft.com
Paint Shop Pro	Corel	http://www.corel.com
Photoshop	Adobe	http://www.adobe.com/es/products/photoshop

Tabla 3. Listado de software de creación y retoque de imágenes.

Adobe Photoshop es una de las herramientas más populares y está avalada por cientos de profesionales. Debido a la disponibilidad de una licencia de software así como por la experiencia previa de su uso, Adobe Photoshop es la herramienta elegida para la creación y modificación de las imágenes que servirán como texturas para el modelo del edificio FDV.

Existen diversas herramientas que permiten la generación de imágenes preparadas para su repetición y uso en forma de mosaico. En la Tabla 4 se ofrece un listado con alguna de las herramientas disponibles para este propósito.

Para las texturas que se han creado desde cero y aquellas que no estaban preparadas para su repetición se han modificado y adaptado mediante el uso de un complemento para Adobe Photoshop llamado Seamless Workshop, que permite generar texturas de repetición a partir de imágenes que no lo son.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	35/102



Producto	Desarrollador	Página web
Genetica	Spiral Graphics	http://www.spiralgraphics.biz/gen2tour/index.htm
Texture Maker	Game Creators	http://texturemaker.thegamecreators.com/
Seamless Texture Generator	Digital River	http://www.seamlesstexturegenerator.com/
MapZone	Allegorithmic	http://www.mapzoneeditor.com/

Tabla 4. Listado de software para la creación de texturas.

2.10.5. Adaptación del modelo para su uso externo

La realización del modelo, el mapeo y texturizado es sólo la primera fase del desarrollo. Una vez que se dispone de la recreación del edificio en 3D hay que estudiar y realizar su adaptación para su uso posterior. Como se ha expuesto en anteriores ocasiones, el fin principal del proyecto es el de servir referencia para posibles clientes, así como para utilizarlo en presentaciones que se realicen relacionadas con el proyecto FDV.

Los formatos propuestos por el motor gráfico Quest3D para cargar y manejar una escena tridimensional son el formato .dae y el formato .x, y se utilizarán para la exportación del modelo. El formato .dae se utiliza comúnmente para aplicaciones interactivas 3D, y define un estándar abierto de XML para el intercambio de recursos digitales entre varias aplicaciones de software que utilicen sistemas gráficos, incluyendo todos los paquetes de modelado de software mencionados en tabla 1 del apartado 2.10.1 y muchas otras como pueden ser Photoshop o diversos motores gráficos.

Por otra parte, el formato .x, establecido por Microsoft para ser utilizado con el conjunto de APIs de DirectX, es similar a un documento XML estandarizado que, al igual que el formato .dae, contiene información sobre los objetos en formato *mesh*, posicionamiento, texturas, iluminación, etc.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	36/102



Aunque es posible utilizar cualquier otro formato o método para cargar el modelo del edificio en Quest3D, la mejor opción es la utilización de los formatos .dae y .x. Quest3D dispone de una librería especial que ofrece manejadores de escenas en formatos .dae y .x, facilitando la tarea al programador, así como optimizando la gestión de modelos que utilicen dicho formato. Teniendo en cuenta que el modelo final contiene cientos de objetos, si no se decidiese utilizar los formatos .dae y .x, habría que buscar e implementar otra manera de gestionar tal cantidad de objetos, junto con las texturas y propiedades de cada uno de los objetos que componen el modelo.

Al hablar de un escenario se suele diferenciar entre escenarios exteriores y escenarios interiores, comúnmente llamados niveles. El motivo de realizar esta diferenciación es que cada uno de éstos es tratado de manera diferente y existen distintas técnicas que optimizan la construcción y manejo de cada uno. Quest3D utiliza los formatos .dae y .x tanto para escenarios interiores como exteriores, sin embargo propone distintas técnicas para la creación de cada una de las escenas y dispone de distintos manejadores para cada uno de ellos.

El modelo generado para este proyecto encaja dentro de la categoría de un escenario interior. Cuenta también con un espacio exterior, pero que debido a su pequeña extensión y que el suelo es plano, puede ser tratado de manera eficiente utilizando técnicas para la creación de un escenario interior.

Cuando hablamos de escenarios interiores, existe otro formato bastante popular. Se trata del formato BSP, del inglés Binary Space Partition, que se ha venido usando desde el lanzamiento del videojuego Doom y que más tarde popularizó y licenció Id Software. Desde entonces, dicho formato ha sido liberalizado para que se utilice sin restricciones de ningún tipo. Existen varias versiones y modificaciones de este formato, pero por lo general ofrece la posibilidad de integrar una escena entera, desde el modelo hasta las texturas, pasando por el control de colisiones y diversas técnicas de optimización del renderizado.

Para el presente proyecto se ha considerado su uso e incluso se ha realizado una prueba para la generación de una parte del edificio. Las principales ventajas encontradas en este formato es que implementa un sistema de control de colisiones y técnicas de optimización y mejora del rendimiento.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	37/102



El modelo diseñado en 3DS Max sólo ofrece una visión virtual del edificio. Para su uso en un entorno virtual interactivo es necesario especificar que puede ser o no atravesado, lo que se conoce como control de colisiones, así como dotarlo de un motor de propiedades físicas que añadan la simulación de gravedad. El formato BSP y las herramientas de edición de este formato permiten la definición de zonas de colisión, cuya información es integrada dentro del mismo archivo.

El principal problema del escenario es su gran extensión, estamos hablando de un edificio de gran envergadura y cuyo modelo virtual necesita gran cantidad de memoria RAM para el renderizado de todos los objetos en tiempo real. El formato BSP integra la técnica *back-face culling* que determina cuando un polígono es visible o no desde la posición actual de la cámara, de esta manera se optimiza el rendimiento haciendo los cálculos y procesando sólo las superficies que son visibles desde la posición actual de la cámara.

A pesar de las mejoras que integra este formato finalmente ha sido descartado para su uso. Mientras que este formato ha sido muy popular y ampliamente extendido, en la actualidad está siendo sustituido por formatos propietarios o por otras técnicas con las cuales se obtienen mejores resultados de optimización así como de mayor realismo en su renderizado y que están dejando anticuado al formato BSP.

Otro punto importante para la decisión de no usar este formato es que el sistema de colisiones que implementa, uno de sus principales atractivos para su elección, no es directamente compatible con muchos entornos de desarrollo. El sistema de colisiones propuesto por el formato BSP se basa en un sistema de coordenadas con valores continuos. En el archivo BSP se especifican polígonos que encierran el volumen considerado como pared o suelo y de esta forma la aplicación puede determinar que superficies se pueden atravesar o no. Cuando un objeto en movimiento cambia su posición y sus coordenadas coinciden con las de ese volumen se considera entonces que hay una colisión y prohíbe su avance.

Para generar un archivo BSP es necesario partir de la escena en formato “.map”. A partir de este archivo, en el que sólo se representa el modelo, hay que aplicar el texturizado con el uso de una de las herramientas específicas para más tarde compilarlo al formato BSP. No es posible la utilización de un formato genérico en el

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	38/102



que se incluye el modelo texturizado. Este implica una dependencia y una pérdida de flexibilidad. El texturizado realizado en formatos genéricos y estandarizados no es compatible con el formato BSP y viceversa. Por lo tanto, para atender al objetivo impuesto de adaptabilidad habría que realizar dos veces el texturizado, una sobre el formato “.map” y otra sobre 3DS Max.

Como punto final para descartar el uso del formato BSP cabe destacar que durante la prueba realizada para crear la escena se han encontrado bastantes problemas y el proceso resultó ser muy costoso en tiempo y recursos. Hay que tener en cuenta que el formato BSP fue creado para su uso exclusivo de Id Software y por lo tanto en su diseño no se contemplaron su escalabilidad y adaptabilidad para un uso generalizado. La mayoría de las herramientas que permiten la creación de los escenarios en BSP han sido discontinuadas o no ofrecen la suficiente estabilidad como para aconsejar su uso.

2.10.6. Exportación

Una vez finalizado el modelo es necesaria una herramienta que permite exportar el edificio FDV desde el formato de creación, 3DS Max 2010, a los formatos .dae y .x manejados por Quest3D. Para realizar la exportación se ha optado por buscar un complemento que haga la exportación directamente desde el entorno de 3DS Max. Existen múltiples alternativas para la obtención del modelo en formatos .dae y .x. La mayoría de las alternativas se basarían en la exportación inicial del modelo a un formato genérico (como “.3ds” o “.obj”) para posteriormente utilizar una herramienta de conversión independiente. La elección de un complemento para la exportación frente a una herramienta independiente se basa en la comodidad y agilidad que aporta la exportación directa desde 3DS Max.

La razón por la cual se decidió utilizar dos formatos en lugar de establecer solo uno para todo el proyecto es que la carga de mallas de gran volumen, es decir, aquellas que poseen un gran número de polígonos y vértices, presentaba ciertos errores en la carga si se exportaban a ficheros con formato .x por parte de Quest3D, por lo que era necesario utilizar la extensión .dae para esos elementos de la escena de gran tamaño. En el caso de la extensión .x, presentan una mayor manejabilidad y permiten que los objetos cargados en el entorno de desarrollo puedan ser

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	39/102



manipulados con mayor libertad, pudiendo añadir nuevos niveles de texturas, mapas de luces, interacción con otros objetos de la escena. etc.

En la Tabla 5 se listan las herramientas y complementos que han sido probados y analizados para su posible uso. Todos ellos permiten la exportación a formatos .dae y .x desde 3DS Max 2010.

Desarrollador	Página web
Pandasoft	http://www.andytather.co.uk/Panda/directxmax.aspx
Microsoft	http://download.microsoft.com/
OpenCollada	http://opencollada.org

Tabla 5. Listado de complementos para la exportación en 3DS Max.

De los complementos listados en la Tabla 5 ha sido descartado el complemento de Microsoft, debido a que ha sido discontinuado y las funcionalidades de exportación que ofrece no está al nivel de Pandasoft y la comunidad de OpenCollada. Existe un exportador oficial de Quest3D, pero solamente es compatible con versiones anteriores de 3DS Max, por lo que no se ha utilizado para el presente proyecto.

La mejor opción, por lo tanto, es el uso de la herramientas ofrecidas por Pandasoft y OpenCollada, tratándose de software libre, desarrollado por comunidades de desarrolladores. Su calidad y funcionalidades se encuentran al nivel de alternativas comerciales y resultan más que suficientes para el cometido del presente proyecto. Disponen de página web con documentación y un foro, y son compatibles con todas las versiones de 3D Max Studio, incluida la última versión de 2010.

La solución que propone Pandasoft es una solución de exportación completa que se integra como un complemento en el mismo entorno de 3D Studio Max y que permite ajustar gran cantidad de parámetros para personalizar el resultado de la exportación, incluyendo objetos, mallas, texturas, animaciones, y otras diversas configuraciones de escena. Además como se ha comentado en la sección “Mapeo y texturizado” dispone de materiales manejables directamente desde 3DS Max que

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	40/102

permiten un texturizado del modelo asegurando la completa compatibilidad en el entorno de Quest3D.

De la misma forma que el plug-in de Pandasoft, el complemento OpenCollada permite también exportar objetos que incluyan mallas, texturas, etc. permitiendo realizar exportaciones de mayor tamaño con las que poder trabajar en el entorno de desarrollo.

Fecha: 26/03/2010	Nombre Acrónimo del Documento: Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	Versión: 1.0	Página: 41/102
-----------------------------	--	------------------------	--------------------------



3. Objetivos

El objeto del proyecto es la creación de un modelo tridimensional que recree de manera fidedigna el edificio de FDV para su posterior visionado en visitas virtuales. El fin principal que se le quiere dar al modelo generado es su uso como herramienta de representación del aspecto que tendrá el edificio, de tal forma que los posibles clientes y personas involucradas en el desarrollo del proyecto puedan tener una idea más aproximada del acabado final.

Dentro de la visita virtual el usuario será capaz de moverse libremente por el edificio, tanto por dentro como fuera del mismo, pudiendo observar las distintas zonas que compondrían el complejo de viviendas, así como poder realizar un recorrido por algunos de las distintas distribuciones que se pueden realizar en los apartamentos con los muebles del proyecto FDV. En la visita, el usuario interactuará con distintas zonas de las viviendas, pudiendo acceder directamente a diversas secciones del edificio utilizando la aplicación que se desarrollará en el presente proyecto. Dicha aplicación, realizada con el entorno de desarrollo de Quest3D, integrará el modelo tridimensional y lo dotará de los elementos necesarios para que pueda ser utilizado por los usuarios en su recorrido del edificio.

En definitiva, el objetivo primordial es la recreación del edificio en un formato integrable y usable en el entorno de Quest3D para su uso como escenario en una visita virtual interactiva.

Como compromiso, más allá del uso inicial previsto, se ha considerado y prestado especial atención a la generación de un modelo flexible y adaptable. Con ello se busca que la recreación virtual del edificio sea lo más genérica posible y por lo tanto pueda ser integrada en futuras soluciones no contempladas durante su realización. El producto obtenido busca, por lo tanto, cumplir los siguientes puntos:

1.- Maximización de la compatibilidad externa.

Utilización de técnicas y herramientas genéricas para la obtención de un modelo en formato estandarizado, flexible y con un alto grado de adaptabilidad. La intención deseada es que el modelo virtual pueda ser usado en terceras soluciones

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	42/102



independientemente de las herramientas de desarrollo utilizadas y de la intencionalidad de su uso.

2.- Minimización de la carga y uso de recursos computacionales.

Reducción al máximo posible del número de polígonos en la creación de objetos, aplicación de mapeo para optimizar el texturizado y uso de técnicas de optimización como la instanciación de objetos para evitar la presencia de elementos duplicados en memoria.

3.- Producto libre de restricciones de uso.

Utilización de herramientas que respeten la autoría y permiten el uso del producto obtenido sin restricciones de ningún tipo y permitiendo su uso para cualquier fin futuro deseado. Uso de texturas y objetos libres de derechos de autor. En definitiva que el resultado del proyecto esté libre de cualquier tipo de restricciones de uso.

4.- Equilibrio entre rendimiento y calidad de detalle.

El rendimiento del modelo en un motor de renderizado en tiempo real y la calidad presentada por el mismo son objetivos confrontados entre sí. Se prestará especial atención en buscar un punto de equilibrio entre la obtención de una buena calidad de detalle en la visualización a la vez que se intentará comprometer al mínimo posible el uso de recursos y por lo tanto preservar el rendimiento y fluidez en su uso.

Como último objetivo, se ha querido dotar al proyecto de cierta independencia, de manera que pueda ser visualizado y permitir un recorrido virtual por su interior sin la necesidad de ser integrado y adaptado en desarrollo de terceros.

Se ofrecerá un modo de visualización y recorrido virtual del edificio fácilmente ejecutable a disposición del usuario. De esta manera se busca obtener un resultado con entidad y funcionalidad propia, un resultado tangible y evaluable con independencia a desarrollos de terceros.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	43/102



4. Desarrollo

El presente capítulo se divide en cuatro secciones. La primera de ellas corresponde al presupuesto donde se realiza un estudio del coste económico del proyecto y se realiza un desglose de las distintas aplicaciones y licencias que se necesitan adquirir, así como otros costes derivados del desarrollo, seguido por la descripción de cada una de las fases de proyecto, en las que se detalla y explica cada una de las fases del mismo, problemas encontrados y las correspondientes soluciones adoptadas y, finalmente, los resultados obtenidos. Posteriormente se presenta el manual de usuario que servirá de guía para la ejecución y uso por parte del usuario final. Por último, se adjunta un manual de referencia para desarrolladores que pretende facilitar el uso del modelo para su adaptación en posibles futuros desarrollos, así como servir de guía para extender y ampliar el producto obtenido.

4.1. Presupuesto y planificación

4.1.1. Presupuesto

El desarrollo del proyecto conlleva una serie de costes que se detallan a continuación.

Recursos de software:

Es necesario adquirir licencias de uso para los paquetes de software de 3DS Max 2010, Adobe Photoshop CS4, del que se utiliza su versión estándar, y para el entorno de desarrollo de Quest3D, donde se requiere la versión "VR". En este apartado no se tiene en cuenta el precio de software como el incluido en el paquete de Microsoft Office 2007 o el sistema operativo Windows 7, puesto que su coste se incluye en los recursos de hardware adquiridos para el desarrollo del proyecto.

Fecha: 26/03/2010	Nombre Acrónimo del Documento: Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	Versión: 1.0	Página: 44/102
-----------------------------	--	------------------------	--------------------------



Recurso	Coste en Euros (€)	Meses	Coste Total
Licencia 3DS Max 2010	2546€	12	2546,00€
Licencia Quest3D VR	9999€	12	9999,00€
Licencia Adobe Photoshop CS4	984,84€	Ilimitado	984,84€
TOTAL			13529,84€

Recursos de hardware:

En cuanto al hardware necesario para el desarrollo, ha sido necesario adquirir un ordenador de sobremesa dotado de una tarjeta gráfica de rendimiento medio y una conexión a internet para realizar copias de seguridad y ponerse en contacto con el equipo de arquitectos del proyecto. Puesto que el equipo formará parte de los activos de la empresa al finalizar el proyecto, se incluirá dentro de los presupuestos.

Ordenador Sobremesa HP Medion:

- Procesador Intel Core 2 Quad CPU Q9300 @ 2.50 GHz
- Memoria RAM: 8 GB
- Disco duro: 1 TB
- Monitor Dell TFT 17"
- Microsoft Windows 7 y Office 2007
- Tarjeta gráfica NVIDIA GeForce 220

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	45/102



Recurso	Coste en Euros (€)	Meses	Coste Total
Equipo PC	798€	24	798,00€
Conexión a internet 6Mbps	23,20€/mes	6	139,20€
TOTAL			937,20€

Recursos humanos:

Se ha asumido que todas las tareas del proyecto son llevadas a cabo por una sola persona, cualificada y capaz de realizar todas las fases del proyecto. En la práctica, son varias las personas que se verían involucradas en el proyecto, existiendo al menos una persona encargada del modelado y mapeado/texturizado, otra para la programación, e incluso una tercera que se encargara de realizar las pruebas de control de calidad. El salario del desarrollador del proyecto se fijó en 1495 Euros mensuales por la empresa que desarrolla el proyecto FDV.

Recurso	Coste en Euros (€)	Meses	Coste Total
Salario desarrollador	1495€/mes	6	8970,00€
TOTAL			8970,00€

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	46/102



Costes totales.

Una vez que se han estimado los costes de cada uno de los recursos se procede a calcular el coste total de la realización del proyecto.

Recursos	Coste total
Recursos de software	13529,84€
Recursos de hardware	937,20€
Recursos humanos	8970,00€
COSTE TOTAL DEL PROYECTO	23437,04€

4.1.2. Planificación

El desarrollo del proyecto se divide en diversas fases. Comienza con la toma de datos y estudios previos para pasar a continuación con la fase de desarrollo del producto, que empieza por el modelado del edificio y sus diversos elementos. Posteriormente, el producto obtenido es modificado y preparado para su integración en el entorno de desarrollo o en terceras soluciones. Una vez integrado el modelo, se procede a implementar las distintas opciones de interactividad, gravedad, control de colisiones, etc. pasando después a iluminar la escena y finalmente realizar las correspondientes pruebas de funcionalidad y rendimiento.

En el diagrama de Gantt de la Figura 11 se especifican cada una de las fases del proyecto. En total, contando con las fases iniciales de documentación y obtención de datos, la realización de proyecto conlleva 163 días, lo que supone más de 5 meses de desarrollo. Entre todas las etapas del proyecto, el modelado y texturizado han requerido la mayor cantidad de recursos temporales, con casi 3 meses de tiempo de desarrollo.

Fecha: 26/03/2010	Nombre Acrónimo del Documento: Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	Versión: 1.0	Página: 47/102
----------------------	---	-----------------	-------------------

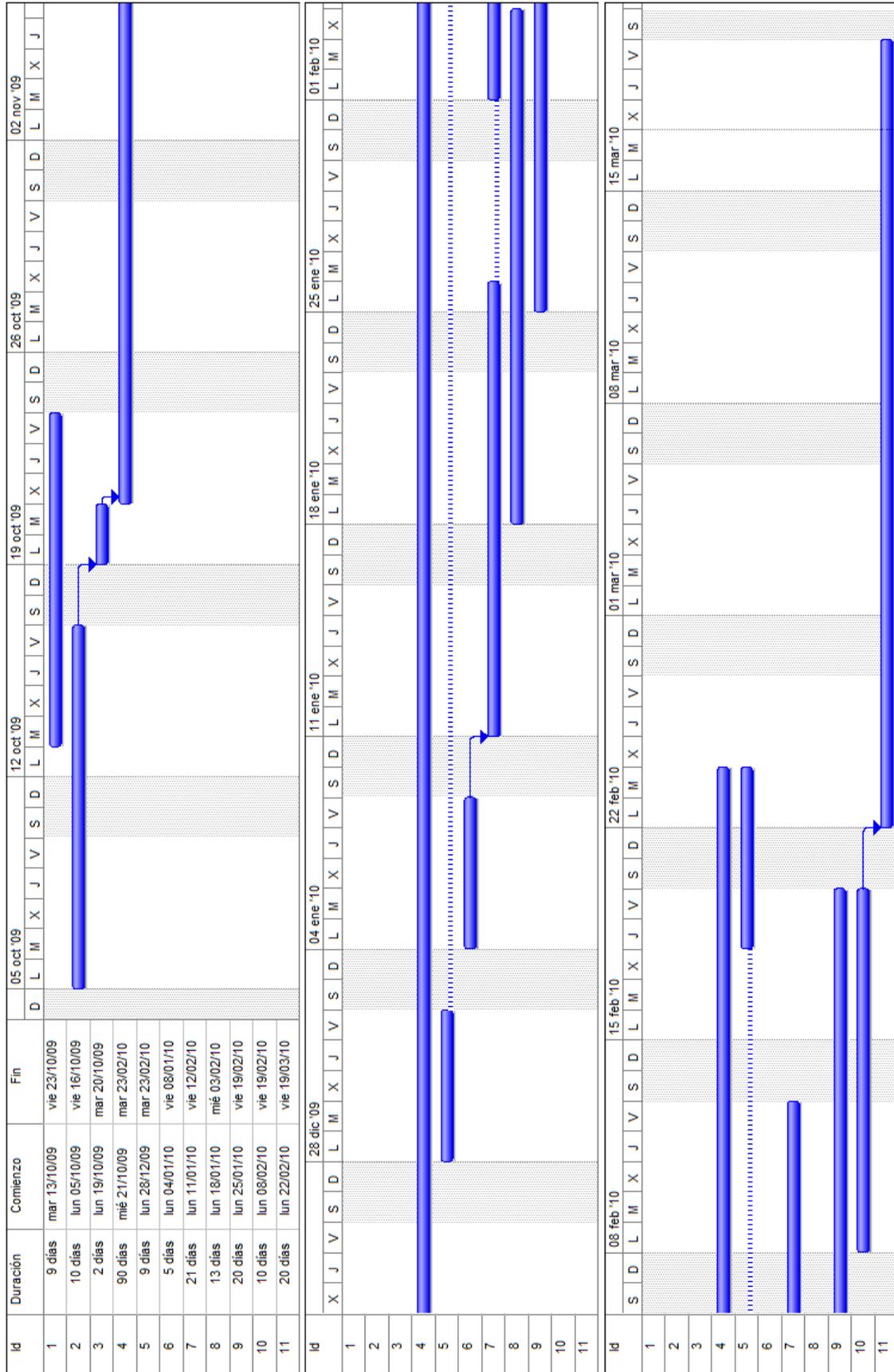


Id	Fase de desarrollo
1	Obtención de medidas, planos y fotos del edificio
2	Estudio y comparativa de las técnicas y herramientas de desarrollo
3	Instalación, configuración y prueba del entorno de desarrollo
4	Modelado 3D
5	Mapeado y texturizado
6	Exportación y preparación del modelo para su uso externo
7	Integración del modelo en un motor gráfico
8	Cámara y control de colisiones
9	Interactividad
10	Iluminación
11	Pruebas y validación

Figura 11. Listado de fases del diagrama Gantt.

En el siguiente diagrama se detalla la asignación de recursos temporales correspondientes para cada una de las fases de desarrollo del proyecto, así como la fecha de comienzo y de finalización de cada una de las mismas.

Fecha: 26/03/2010	Nombre Acrónimo del Documento: Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	Versión: 1.0	Página: 48/102
-----------------------------	--	------------------------	--------------------------





4.2. Diseño e implementación

4.2.1. Obtención de medidas, planos y fotos del edificio

Previamente al inicio de la creación del modelo es necesario recopilar la información necesaria sobre el edificio. En primer lugar, para la realización del modelado es necesario contar con las medidas del edificio para hacer una recreación realista a escala. Así mismo, para la fase de mapeo y texturizado es necesario conocer los tipos de acabados y materiales del edificio para crear texturas de la manera más realista posible, y que se asemejen a los materiales usados en el edificio real.

Para la obtención de las medidas del edificio se ha contado con el apoyo del estudio de arquitectura encargado de diseñar el complejo de viviendas FDV que ha facilitado planos de planta y alzado del edificio en formato AutoCAD (ver Anexo 1. Planos Edificio). Estos planos arquitecturales ofrecen medidas de planta y además proporcionan medidas exactas de mobiliario utilizado en el edificio y otros elementos como pueden ser escaleras, puertas, ventanas, barandillas, escotillas de acceso, etc. (ver Anexo 2. Planos Muebles y Carpinterías). Se han utilizado adicionalmente dibujos y bocetos realizados por los arquitectos y diseñadores del proyecto que proporcionan información adicional del aspecto y acabado final del edificio.

Junto con las medidas se han realizado fotografías de cada uno de los elementos relevantes del edificio utilizados en edificios de similares características, como pueden ser paneles de hormigón, paredes, suelos, techos, etc. para captar la apariencia y composición del material de construcción correspondiente. Estas fotografías se utilizaron posteriormente durante la fase de texturizado del edificio. Algunas de las fotografías se emplearon directamente como imagen de texturizado de los objetos, mientras que el resto sirvió como referencia para buscar y crear nuevas imágenes de texturas que fueran lo más similares posible a los materiales usados en el edificio original. Este procedimiento es esencial para dotar al edificio de realismo y detalle, del mismo modo permiten una recreación fidedigna de cada uno de los aspectos del edificio.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	50/102



4.2.2. Estudio y comparativa de las técnicas y herramientas de desarrollo

Antes de iniciar el desarrollo, y en paralelo a la toma de medidas, se ha realizado un estudio y comparativa de herramientas y técnicas consideradas para el desarrollo del proyecto. La finalidad del estudio es la elección del entorno de desarrollo que mejor se adapte a las necesidades del proyecto y que por lo tanto produzca los mejores resultados posibles, cubriendo así, los objetivos impuestos. El estudio y comparativa permite tomar las decisiones necesarias sobre bases fundamentadas, así como facilitar y especificar el procedimiento a seguir para la obtención del resultado deseado.

La comparativa y justificación de las herramientas de carácter crítico para el desarrollo del proyecto están detalladas en las correspondientes secciones dentro del capítulo 2 - *Estado del arte* del presente documento.

Algunas elecciones de software vienen impuestas por las propias restricciones y dependencias de las herramientas base seleccionadas. Otras herramientas, como es el caso de AutoCAD, vienen impuestas por factores externos. En el caso concreto de AutoCAD su elección viene condicionada por el propio formato de recepción de los planos iniciales. El resto de herramientas, como por ejemplo Adobe Photoshop, han sido seleccionadas por motivos personales (experiencia en su uso y disponibilidad) y pueden ser sustituidas por cualquier herramienta similar sin que comprometa la obtención de los resultados buscados.

A continuación se detallan todas las herramientas utilizadas, así como el objeto de su uso dentro de las distintas fases de desarrollo.

a) 3DS Max 2010

Representa la herramienta central de desarrollo. Con ella se realiza el modelado 3D del edificio así como el mapeado y texturizado. Desde esta herramienta se exporta el modelo listo para su uso e integración externa.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	51/102



b) OpenCollada plug-in

Se trata de un complemento utilizado para exportar elementos del modelo tridimensional desde 3DS Max 2010 al formato .dae para que puedan ser integrados en la aplicación en el entorno de desarrollo Quest3D.

c) Pandasoft Direct-X plug-in

Al igual que con el plug-in de OpenCollada, es un complemento utilizado para exportar elementos del modelo tridimensional desde 3DS Max 2010 al entorno de desarrollo Quest3D, utilizando el formato .x.

d) Quest3D

Es el entorno de desarrollo elegido para integrar el modelo tridimensional y crear la aplicación interactiva que permitirá la visita virtual del edificio a los usuarios, generando el archivo ejecutable de la aplicación.

e) Adobe Photoshop CS4

Photoshop es una herramienta de creación y retoque fotográfico. Su utilización en el proyecto se enmarca en la fase de texturizado donde se utiliza para la creación y modificación de las imágenes usadas para el texturizado del modelo.

f) Seamless Workshop plug-in

Seamless Workshop plug-in es un complemento para Adobe Photoshop que permite la creación de imágenes que puedan ser mostradas como una textura de repetición en las que no se aprecian saltos en las zonas de unión.

4.2.3. Instalación, configuración y prueba del entorno de desarrollo

Esta fase comienza con la obtención, instalación y configuración de todas las herramientas seleccionadas. Consiste en la preparación del entorno de desarrollo que será usado en las distintas fases del proyecto.

Una vez obtenidas y configuradas las herramientas de uso se ha realizado una prueba del entorno. Esta prueba consiste en la recreación de una pequeña porción del

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	52/102



edificio, como por ejemplo una habitación pequeña, realizando todas y cada una de las fases hasta la obtención del modelo final texturizado ejecutándose en la aplicación generada mediante del entorno Quest3D. De esta manera se asegura el perfecto funcionamiento de todas las herramientas y certifica que los objetivos marcados son viablemente alcanzables usando el entorno de desarrollo seleccionado.

En la fase de modelado se sustituyó Blender 3D a favor de 3D Studio Max debido a la experiencia personal previa con esta herramienta y la inadaptabilidad inicial de la interfaz gráfica de Blender 3D. En las pruebas de formato de exportación se comprobó las ventajas del uso del formato .dae frente al formato .x de Direct X, las cuales ya han sido detalladas. Del mismo modo permitió comprobar de manera práctica y real la elección de Quest3D como apuesta de entorno gráfico para el desarrollo del proyecto. Todas estas elecciones se han justificado en las correspondientes secciones del capítulo 2.

La utilidad de estas pruebas de entorno han resultado ser críticas. Han supuesto un ahorro de tiempo y han evitado problemas durante el progreso del proyecto, permitiendo comprobar, antes de iniciar cualquier fase o etapa, que algunas de las herramientas seleccionadas inicialmente para el entorno de desarrollo no eran las más apropiadas. Si no se hubiera realizado esta fase los problemas habrían surgido a mitad del desarrollo donde el cambio de herramientas o reconducción del proyecto habría supuesto unos costes mayores.

4.2.4. Modelado 3D

La fase de modelado representa, sin lugar a dudas, la etapa que más tiempo abarca en el desarrollo del proyecto. Como se puede apreciar en el diagrama de Gantt de la Figura 11, ha llevado un total de 90 días de los 163 días que ha requerido el proyecto en total, lo que supone cerca del 60% del tiempo total invertido en el desarrollo.

El método inicial utilizado para abordar la ingente cantidad de objetos a crear ha sido la construcción planta a planta, empezando por paredes, puertas y ventanas, para continuar con el resto de detalles.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	53/102



La cantidad de detalles y objetos a tratar, pronto se hizo inmanejable y agotaba los recursos del equipo informático utilizado. Fue entonces cuando se decidió un acercamiento distinto intentando reducir al máximo posible el número de polígonos y saturación de recursos del equipo informático usado para el desarrollo. Debido a la naturaleza del edificio existen un gran número de objetos, como pueden ser puertas o ventanas, que aparecen en el edificio multitud de veces. Cada objeto que aparece repetido puede ser instanciado para colocarlo tantas veces como sea necesario en la escena. Instanciar un objeto es similar a la creación de un puntero en un lenguaje de programación. De esta manera sólo es necesario procesar y almacenar en la memoria RAM una copia de este objeto, el resto de referencias apuntarán al original. Mediante el fichero XML de los formatos .dae y .x, un objeto se puede situar infinidad de veces en distintas posiciones, escalar e incluso modificar el grado de inclinación respecto a los ejes sin necesidad de copiar o multiplicar el objeto en sí. Para alcanzar el compromiso de agilizar la carga computacional se han obviado determinadas indicaciones de los planos originales. Así pues, cada tipo de puerta o ventana cuenta con un único objeto que es instanciado a lo largo del resto del edificio, aunque en algunos casos ha sido necesario modificar dichas instancias para contemplar detalles como son la dirección de apertura de la puerta, o la posición de alguna textura en el objeto.

El uso de la técnica de instanciación, junto con la leve relajación de fidelidad a alcanzar en la recreación del modelo, ha supuesto la reducción del tamaño final de la escena y por lo tanto acelerado su carga y fluidez de ejecución. También se ha optado por eliminar todas aquellas caras y polígonos de los objetos que nunca aparecen en escena, como por ejemplo algunas caras de las vigas y columnas del edificio, o superficies a las que el usuario no tendrá acceso durante la visita interactiva, como el tejado o algunos apartamentos del complejo de viviendas.

Una de las limitaciones de 3DS Max 2010 que ha condicionado el método de afrontar el modelado es que sólo se permiten instancias dentro de un mismo archivo, si se llevan instancias a distintos archivos y posteriormente se fusionan serán considerados objetos distintos y por lo tanto existiría una duplicidad innecesaria la cual además repercutiría en la duplicación de memoria y recursos usados. Si bien es posible la posterior modificación sobre el XML de la escena, pero esta opción ha sido descartada debido a la dificultad de colocar los objetos en su correspondiente posición

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	54/102



de forma manual y no mediante una interfaz visual como ofrece la aplicación 3DS Max 2010. La imposibilidad de instanciar objetos más allá del propio archivo, junto con el hecho de no disponer de un equipo informático lo suficientemente potente como para mover la escena completa ha llevado a cambiar el procedimiento inicial con el que se ha abordado la fase de modelado.

El procedimiento finalmente pasa por crear un archivo en 3D Studio Max por cada tipo de objeto en la escena, independientemente de la planta. De esta manera se consigue tener en el mismo archivo un único objeto junto a todas sus instancias referenciadas al objeto original, consiguiendo que la carga de un objeto determinado, como pueden ser las puertas de entrada a los apartamentos, se realice una única vez en memoria. Esta aproximación ha permitido optimizar la velocidad de carga del modelo, disminuir el tamaño de disco consumido y rebajar las necesidades computacionales de memoria RAM y velocidad de CPU para manejar el modelo durante su desarrollo.

El primer paso realizado para la construcción del modelo ha sido la importación de los planos de planta obtenidos a través del estudio de arquitectura del proyecto FDV en formato AutoCAD. Es necesario realizar la importación considerando la escala en la que está diseñada el proyecto, por lo que será fundamental seleccionar la unidad de medida correcta, en este caso el metro. Si no se establece un sistema de unidades constante durante el desarrollo, al exportar el modelo puede resultar que las dimensiones de los objetos sean erróneas.

Fecha: 26/03/2010	Nombre Acrónimo del Documento: Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	Versión: 1.0	Página: 55/102
-----------------------------	--	------------------------	--------------------------

A continuación se muestran los pasos necesarios para modelar el suelo, techo y paredes de un apartamento, así como los correspondientes huecos donde irán las puertas y ventanas. Los distintos pasos de modelado se detallan a continuación de la imagen.

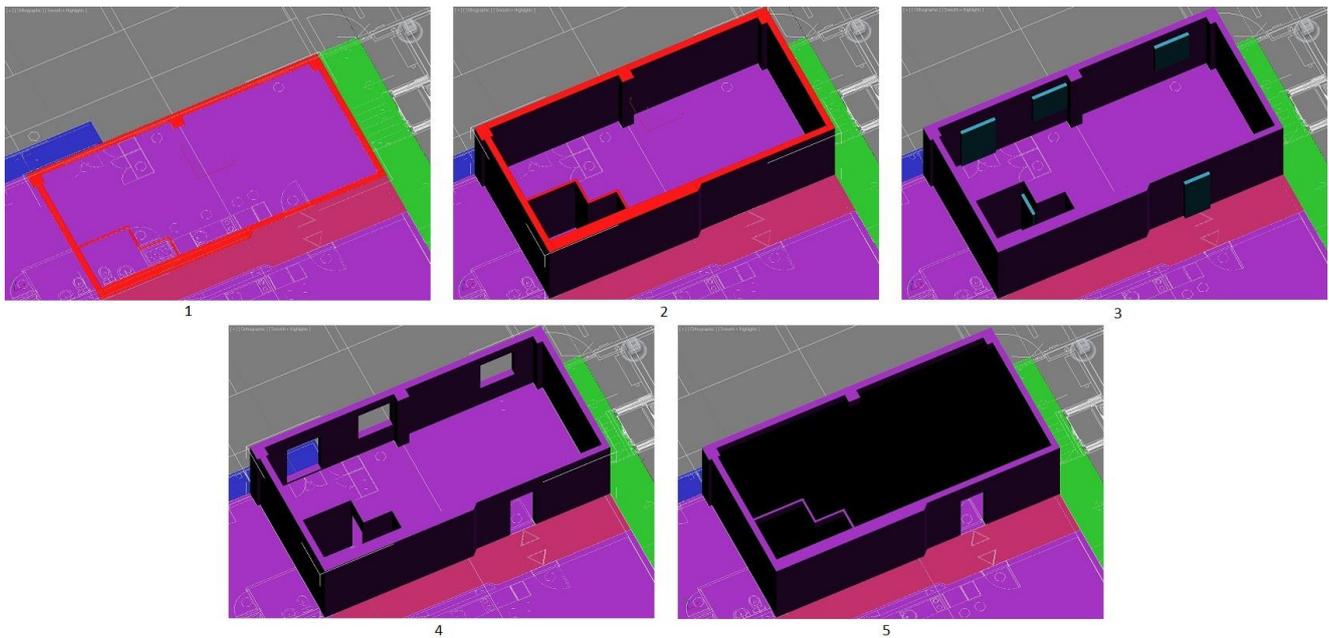


Figura 12. Fases del modelado de un apartamento.

Se comienza tomando los planos de la planta sobre la que se desea trabajar y, partiendo de un objeto plano, se va cubriendo el suelo de la estructura que se está modelando. A continuación se duplican los planos modelados y se eliminan las superficies que formarán parte del suelo de la habitación/objeto (1). Tomando dichos planos duplicados, se realiza la operación de extrusión para obtener las paredes, dándoles la altura necesaria (2). El siguiente paso es crear los agujeros de las puertas y ventanas del apartamento. Para ello, se toman objetos cúbicos con las dimensiones de dichas puertas y ventanas y, posicionándolos en los lugares especificados en los planos del edificio (3), se realiza la operación booleana de diferencia, obteniéndose así los huecos necesarios (4). Finalmente, se duplica la superficie del suelo una vez más y, volteando las normales del plano para que apunten a la dirección opuesta, se sube dicho plano hasta la altura del techo de la habitación, con lo que se obtienen así los distintos componentes de un habitáculo del edificio (5). Este paso se repite para distintas secciones del complejo de viviendas tales como pasillos, trasteros, garaje, etc.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	56/102

En general, cerca del 95% del modelo ha sido generado desde cero, incluyendo el edificio, con sus habitaciones, pasillos, garaje, trasteros y zona de exteriores, así como los muebles del proyecto FDV, con el que se configuran las distintas opciones de distribución del apartamento a disposición de los usuarios. El otro 5% corresponde a objetos de mobiliario como son sillas, mesas, sofás, camas u otros elementos que han sido obtenidos desde un repositorio de objetos 3D de uso público. Esta galería dispone de miles de modelos de todo tipo de objetos que son compartidos por los usuarios y que ponen a disposición de terceros para su uso sin restricciones. Estos modelos se encuentran en dos extendidos formatos para su uso con paquetes de software de modelado tridimensional, .gsm y .3ds por lo que pueden ser importados directamente por 3DS Max 2010 para su uso final. Una vez que se dispone del objeto en 3DS Max, se ha de modificar y adaptar para su uso en el proyecto, puesto que en ocasiones los objetos presentan problemas de uniformidad de las normales, mallas que requieren reducción de vértices o sencillamente se encuentran en una escala o con unidades distintas a las del proyecto. En la Figura 13 se muestra la incorporación de un modelo de un vehículo obtenido en el repositorio e incorporado a la escena después del correspondiente tratamiento de adaptación y optimización.



Figura 13. Detalle de un vehículo del garaje.

En paralelo a modelar el edificio completo, el proyecto de la fábrica de vivir incluye una serie de muebles que permite a los usuarios configurar su propio apartamento y adaptarlo a sus necesidades. Se trata de elementos que pueden utilizarse para dividir el apartamento en varias habitaciones y crear estancias

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	57/102



adicionales en la vivienda. También se incluye un mueble cocina que es común para todas las viviendas del complejo.

Con el objetivo de maximizar el rendimiento y reducir aún más el uso de recursos, se ha prestado especial atención en eliminar superficies no visibles en los distintos objetos creados. No tiene sentido dejar superficies no visibles, pues repercuten en el incremento de tamaño de archivo y son procesadas en la generación de texturas, iluminación, así como en la visualización en el renderizado, con la correspondiente sobrecarga en los recursos computacionales usados. Es por ello, que todas las superficies no visibles han sido eliminadas de los objetos.

Aunque el objetivo principal del proyecto es el de recrear el interior del edificio FDV, también se ha realizado una recreación básica de su exterior. Para ello se han creado fachadas, puertas, ventanas, tejado, buzones de entrada, rampas de acceso, así como otros elementos generales como caminos, árboles y arbustos, vehículos, bancos, aceras, etc.

Tan importante como la recreación del exterior del edificio es dotar a la escena de un entorno. Por entorno entendemos el proporcionar la sensación de la existencia de cielo y un horizonte, una recreación que será visible tanto en la zona exterior del edificio, como a través de las puertas y ventanas exteriores. Para este cometido se ha decidido utilizar la técnica conocida como *skydome*, o cúpula de cielo, que consiste en la utilización de una esfera o semiesfera para la recreación del cielo. La aplicación de una textura sobre la superficie interior de la esfera crea el efecto visual de la existencia de cielo. Para la realización del entorno del edificio FDV se ha combinado el uso de un *skydome* semiesférico cortado por un plano horizontal que representa el suelo. En la Figura 14 pueden observarse como ambas superficies envuelven el edificio.

Fecha: 26/03/2010	Nombre Acrónimo del Documento: Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	Versión: 1.0	Página: 58/102
-----------------------------	--	------------------------	--------------------------

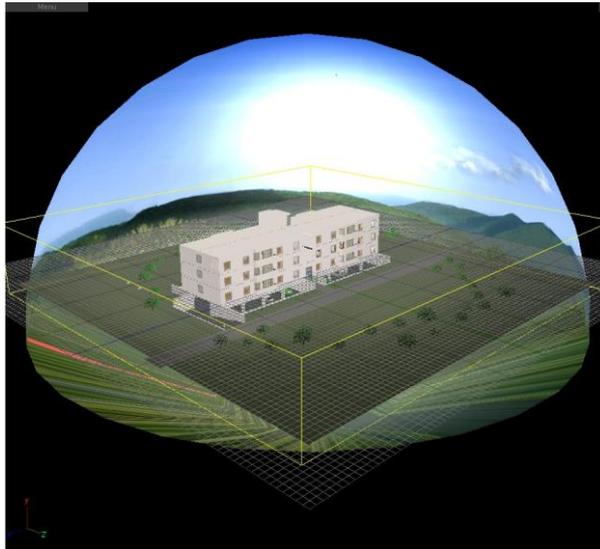


Figura 14. Detalle de la cúpula que envuelve al edificio.

4.2.5. Mapeado y texturizado

Se ha comentado previamente que la etapa de mapeo y texturizado suele iniciarse y realizarse íntegramente una vez finalizada la etapa de modelado. De hecho esto es debido principalmente a que existe una persona especializada en el mapeo y texturizado, y que puede representar una etapa compleja, dependiendo del nivel de detalle que se desee obtener.

Debido a que la complejidad de texturizado que se busca alcanzar es de una complejidad media y que todo el desarrollo es realizado por una única persona, se ha decidido realizar el mapeo y texturizado de manera paralela al modelado. La razón principal es por comodidad a la hora de su realización.

En el capítulo 2 - *Estado del arte* se explicó en detalle en qué consiste el mapeado. Básicamente se trata de una técnica que libera y optimiza la carga computacional requerida para el renderizado de una escena. Para cada objeto, por muy complejo que sea, se elige una figura poligonal simple que envuelve el objeto original, de este modo la textura se aplica sobre dicho polígono simplificado y el resultado es proyectado sobre la figura original. Al disminuir el número de caras sobre la que se aplica la textura se reduce también los recursos computacionales necesarios para su cálculo.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	59/102



Para el mapeo de todos los objetos existentes en la escena se han utilizado tan sólo planos, cubos y cilindros. Y tan sólo una esfera para representar el skydome del edificio. No es necesario el uso de polígonos más complejos para dotar de realismo a la escena y de hecho el propio 3DS Max 2010 ofrece menos de 10 figuras poligonales para realizar el mapeo, mediante el uso del modificador *UVW Mapping*.

Una vez definida y asignada la figura poligonal usada para envolver el objeto, hay que definir el tamaño del mismo, lo cual repercutirá en la visualización de la imagen usada como textura y si esta se repite o no a lo largo de la superficie del objeto. Además hay que especificar la orientación, dirección y grados de inclinación de aplicación de la textura.

Aunque el mapeo y texturizado requieren acciones bien diferenciadas, es lógico y aconsejable que se realicen de manera simultánea. Las pautas y orden seguido para realizar el mapeo y texturizado han sido los siguientes.

- a) Obtención o creación de la textura a utilizar.
- b) Elección de la figura poligonal para el mapeo.
- c) Aplicación de la imagen de textura.
- d) Ajuste y modificación de los parámetros de tamaño, orientación e inclinación de la textura para un correcto ajuste y visualización.
- e) Configuración de parámetros de propiedades y características de material.

Para obtener el mayor realismo y similitud al edificio real, se han realizado fotos de diversos elementos que serán utilizados en la construcción del edificio y que se encuentran en distintas estructuras ya finalizadas (vigas, columnas, paneles, etc.), para posteriormente buscar o crear texturas que sean lo más parecido posible a los materiales reales del edificio. Algunas texturas han sido obtenidas desde internet en bancos de imágenes libres de restricciones de uso. El resto han sido creadas a partir de las fotos tomadas a las mencionadas estructuras y construcciones de hormigón prefabricado y otras tantas se han modificado y adaptado a partir de otras texturas existentes.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	60/102

El primer paso consiste en el análisis de las características de los materiales del edificio original. Las fotos de los elementos del edificio tomadas permiten su utilización directa como imagen de textura o como referencia para la búsqueda de texturas lo más similares posible. En cualquier caso, todas las imágenes son importadas a Adobe Photoshop para su tratamiento. Se modifica su tamaño, color y apariencia para asemejarlas lo máximo posible a los materiales originales. También se disminuye su tamaño y calidad para acelerar su carga.

El siguiente paso es estudiar la aplicación de la imagen sobre el polígono usado para el mapeo. En caso de que la imagen de textura se repita varias veces a lo largo de la superficie del polígono, será necesario aplicar un tratamiento extra. Mediante el complemento Seamless Workshop se modificará la imagen para eliminar patrones irregulares en los bordes exteriores. De esta manera, al repetir la imagen a lo largo de la superficie, esta se mostrará de forma regular y sin saltos de patrones. En la imagen de la figura 15 se puede observar el resultado de la creación de una textura que se aplicará a los paneles de hormigón del exterior del edificio. Se le ha dotado de los parámetros de rugosidad necesarios para simular el aspecto del material, y con el uso del complemento Seamless Workshop se ha permite que pueda ser utilizada como textura de repetición.



Figura 15. Textura generada desde cero utilizando Photoshop.

Por último, y no menos importante, es necesario especificar las propiedades del material. Determinadas características como transparencia, índice de reflexión, iluminación, etc. La especificación de estas propiedades junto con la iluminación terminará de ofrecer mayor realismo y calidad de detalle a la escena final.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	61/102



4.2.6. Exportación y preparación del modelo para su uso externo

Una vez elaborado el modelo se ha prestado especial atención en la exportación y prueba del mismo en el entorno de Quest3D. De esta manera se pretende verificar y asegurar la correcta adaptación y renderizado del edificio. De igual manera, durante las fases de modelado y texturizado, se han llevado a cabo exportaciones periódicas para comprobar el peso del modelo y la carga computacional que supone para el entorno de Quest3D. Con estas comprobaciones periódicas se ha conseguido ajustar el compromiso entre nivel de detalle y fluidez de renderizado en el entorno de desarrollo.

El edificio, junto con todos los objetos y detalles que lo componen, supone miles de objetos a cargar en memoria. La carga y renderizado en tiempo real del edificio completo supone un uso intensivo de los recursos computacionales. El rendimiento y fluidez de la escena puede verse afectado seriamente en ordenadores con bajas prestaciones. Se ha comentado con anterioridad que existen varias vías para solucionar este problema, con técnicas como la denominada “*back-face culling*”. La implantación de estas técnicas deben ser realizadas desde el propio motor de renderizado que proporciona el entorno de Quest3D.

Al realizar distintas pruebas de exportación desde 3DS Max 2010 y Quest3D se observó que el entorno de desarrollo Quest3D gestiona ineficientemente las texturas cuando varios objetos de distintos archivos importados hacen uso de la misma textura. Quest3D duplica la textura por cada fichero distinto que posea objetos que hagan uso de la textura, con el consiguiente aumento de tamaño en la aplicación y un mayor uso de los recursos computacionales. Al importar en el entorno de desarrollo las distintas planas del edificio por separado, el ejecutable final ocupa aproximadamente 5 megabytes más, que si se exporta el edificio FDV de manera conjunta, lo que supone un incremento de casi el 20% del tamaño, por lo que, con el objetivo de minimizar el tamaño final de la aplicación, y disminuir el uso de recursos del ordenador por parte de la misma, se optó por exportar de manera conjunta todos aquellos objetos que hagan uso de una misma textura. De esta manera se reduce la necesidad de recursos computacionales necesarios para el renderizado en tiempo real sin la necesidad de implementar técnicas de optimización dentro del entorno Quest3D. En algunos casos

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	62/102

también ha sido necesario aplicar manualmente las texturas desde Quest3D, generando accesos directos a las texturas o modificando los canales de los objetos.

Para la exportación del modelo a los formatos .dae y .x, se han utilizado los complementos OpenCollada exporter y Pendasoft Direct-X exporter, los cuales ponen a disposición del desarrollador un complemento para 3D Max Studio. Estos complementos permiten la exportación directa desde el formato nativo de 3DS Max, así como la posibilidad de ajustar y configurar diversos parámetros para generar la escena, como pueden ser cámaras, texturas, animaciones, etc. En la siguiente figura se puede observar las distintas opciones de configuración aplicadas al modelo utilizando los plug-in de exportación.

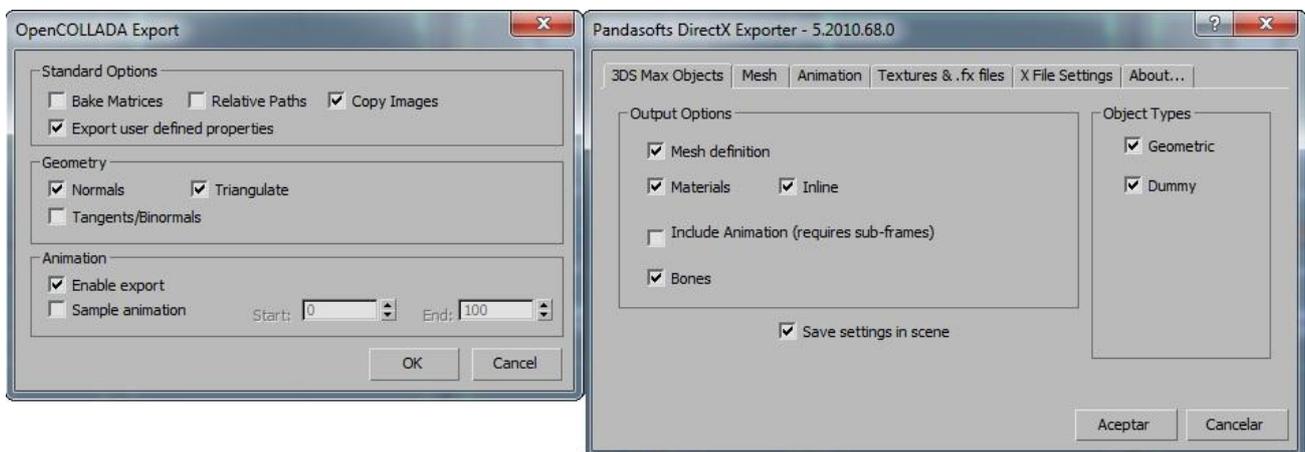


Figura 16. Exportación en 3DS Max a los formatos .dae (izquierda) y .x (derecha).

No se ha establecido ningún sistema de exportación de cámaras, de iluminación ni de animaciones para el modelo en 3DS Max, puesto que la configuración de los parámetros de la cámara se realiza dentro del entorno de desarrollo, así como las animaciones utilizadas en la interacción con la aplicación. Dichas animaciones y la configuración de la cámara de visualización de la escena serán detalladas en próximos apartados, así como el sistema de iluminación.

4.2.7. Integración del modelo en un motor gráfico

Una vez exportado el modelo tridimensional que va a utilizar la aplicación, se procede a integrarlo con el motor gráfico dentro del entorno de desarrollo Quest3D. Dicho entorno posee una interfaz completamente visual que utiliza canales que poseen distintas funciones y enlaces que se encargan de unir dichos canales, por lo

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	63/102

que el primer paso necesario es importar los objetos del modelo al proyecto, para posteriormente enlazarlos con el render de la escena.

Al realizar las primeras pruebas con Quest3D se observó que al importar modelos en formato .x con un gran número de elementos o excesivamente complejos, causaba problemas con el entorno de desarrollo, resultando en fallos en la carga del fichero, por lo que hubo que considerar la opción de utilizar otros formatos como Collada (extensión .dae).

Una escena básica en Quest3D se compone de tres elementos principales: una o varias cámaras, un objeto o una colección de objetos tridimensionales, y un sistema de iluminación. Esos tres elementos deben ser enlazados con el canal del render para que el motor gráfico del entorno de desarrollo los incluya en la escena. Adicionalmente, se puede añadir complejidad a la escena incluyendo otros elementos como pueden ser sistemas de iluminación dinámicos, elementos interactivos, animaciones, sonidos, conectividad a bases de datos, scripts, etc. A continuación se muestra un ejemplo de una escena básica de Quest3D.

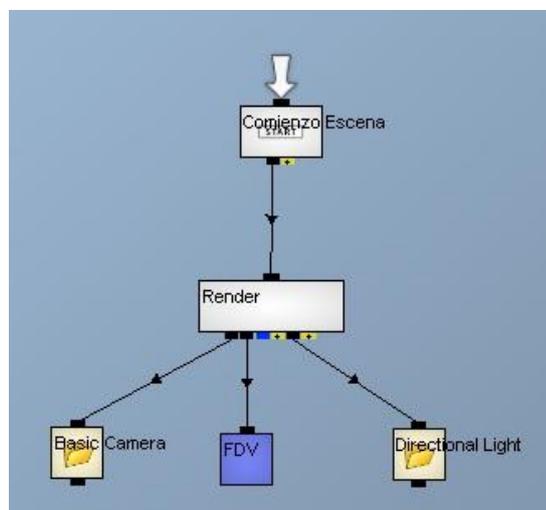


Figura 17. Sistema gráfico de canales del entorno Quest3D.

Como se puede observar en la figura 17, existe un punto desde el que comienza a ejecutarse la escena, que se podría considerar como la función main() de la aplicación, y está marcada por la flecha y la etiqueta "Start". Cada vez que la aplicación se ejecuta, comienza por el canal de inicio y va realizando la función asignada a cada canal, para después pasar el control al siguiente canal enlazado de izquierda a derecha,

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	64/102



de manera recursiva. Una vez que se han visitado y ejecutado todos los canales, se ha completado una iteración del proceso de ejecución de la escena, por lo que el control vuelve una vez más al canal de inicio. Esto se realiza de manera indefinida hasta que el usuario decida finalizar la ejecución de la aplicación.

Para el presente proyecto se ha decidido exportar los elementos en distintos ficheros, con el objetivo de simplificar las tareas y minimizar los recursos utilizados por la escena. Es necesario importar todos y cada uno de los ficheros que contengan los elementos de la escena e ir enlazándolos con el canal de render correspondiente. Algunos de esos ficheros contienen elementos que serán modificados en Quest3D, tal y como se explicará en próximos apartados.

4.2.8. Cámara y control de colisiones

Una vez que ya se ha integrado el modelo y todos los elementos de la escena se encuentran importados en el entorno de desarrollo, se procede a modificar las propiedades de la cámara que permitirán al usuario realizar un recorrido interactivo del modelo desarrollado. Dicha cámara será controlada por el teclado y el ratón, y será la que se irá desplazando por la escena, permitiendo al usuario interactuar con ella.

Dentro de los canales que componen los elementos de una cámara guiada, cabe destacar los canales de la matriz de proyección, que contiene los planos de proyección de la cámara y el zoom de la misma, los vectores de tamaño, movimiento, posición y rotación de la cámara, y finalmente, el sistema de gravedad y colisiones de la cámara.

El sistema de colisiones es el que se encarga de que la cámara no pueda atravesar superficies de aquellos objetos que hayan sido definidos como objetos con colisiones. Para ello, es necesario concretar qué objetos serán susceptibles de este comportamiento, enlazándolos al canal correspondiente, y definir las propiedades de colisión de la cámara, es decir, describir el volumen de la esfera que rodea a la cámara y que detalla la distancia mínima a la que se puede acercar la cámara en función de los distintos ejes de coordenadas. Por defecto, Quest3D especifica un vector de (0.3, 0.9, 0.3) para el radio del esferoide de la cámara, pero dicho valor no permitía atravesar muchas de las puertas del edificio, por lo que se tuvo que ajustar hasta alcanzar un valor final de (0.15, 0.95, 0.15). El segundo valor de dicho vector especifica la altura a la que se va a mover la cámara con respecto del suelo, lo que supone una altura de casi

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	65/102



un metro. El problema es que al estar el modelo del edificio a escala, esto supone que la perspectiva de la cámara parezca la de un niño, y no la de una persona adulta, que serían los principales usuarios de la aplicación, por lo que es necesario aplicar una modificación al vector de posición de la cámara, incrementando el valor del eje-y y añadiéndole 60 centímetros. Si se realizara dicha modificación directamente al vector del esferoide, y se asignara un valor de 1.7 metros, que es la altura media estipulada para una persona adulta, eso significaría que para el eje-y la cámara solo podría desplazarse por habitáculos que tuvieran el techo a más de 3.4 metros de altura, por lo que no sería posible atravesar ninguna puerta del edificio ni moverse libremente dentro de él. La otra opción sería especificar un valor pequeño para los parámetros del esferoide de colisiones, como por ejemplo 0.2 metros, y añadirle 1.5 metros al eje-y del vector de posición, pero eso supondría que la cámara no sería capaz de avanzar sobre pequeños obstáculos como podrían ser los peldaños de las escaleras.

Otro canal destacable de los utilizados por la cámara guiada es el canal de la lógica de la cámara. Dicho canal especifica el comportamiento que debe tomar la cámara cuando se pulsa una determinada tecla en el teclado. Durante el recorrido se puede cambiar libremente la posición de la cámara, de manera que permite visualizar las zonas o detalles más relevantes de cada planta sin necesidad de recorrerla entera y ahorrarle tiempo al usuario en su visita virtual. La lógica de la cámara modifica el vector de posición y orientación de la cámara cada vez que alguna de estas teclas es pulsada. Es importante modificar no solo la posición de la cámara, sino también la orientación de la misma, ya que de no hacerlo, continuará orientada en la misma dirección que tenía en el momento previo a pulsar la tecla que cambia la localización de la cámara, por lo que también es necesario realizar operaciones sobre el canal de rotación.

Inicialmente, la orientación de la cámara podía moverse libremente con el ratón, sobre cualquiera de los tres ejes del plano de coordenadas cartesiano. Pero tras una reunión con los jefes de proyecto, se decidió que el ángulo de rotación de la cámara debería permanecer fijo respecto del horizonte, de tal manera que se conservara constante el punto de fuga, y ayudar así al usuario a controlar la orientación de la cámara durante la visita. Esto se consiguió eliminando el enlace que conectaba el canal que controla la rotación del eje-x respecto a la posición de la cámara. En la figura 18 se pueden observar los canales necesarios para desarrollar el sistema de la cámara

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	66/102

controlada por el usuario, donde se pueden observar los canales y operaciones mencionados en este apartado.

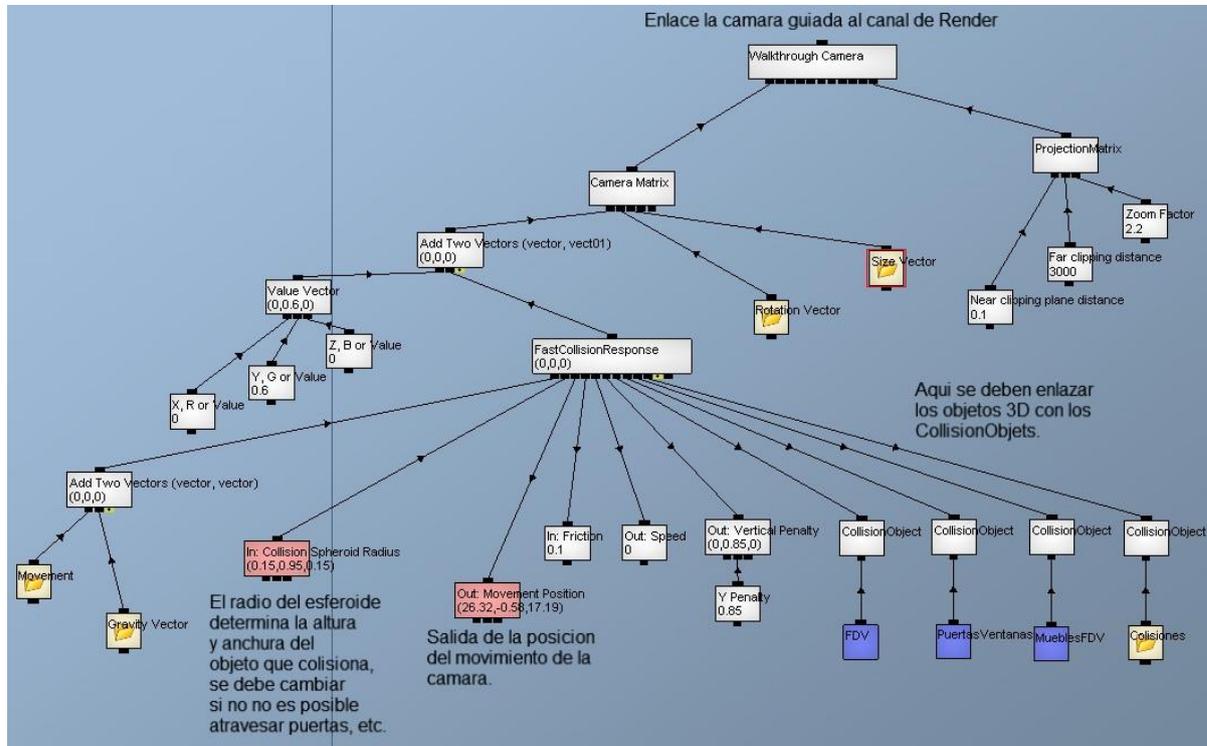


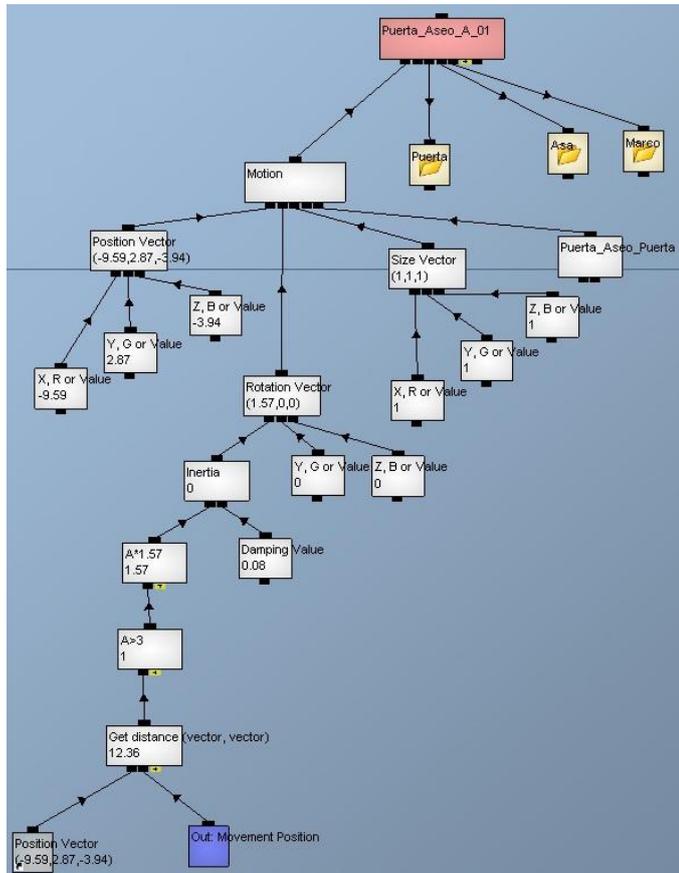
Figura 18. Canales del sistema de la cámara guiada por el usuario.

4.2.9. Interactividad

Se buscaba que el usuario tuviera una mayor inmersión a la hora de interactuar con la aplicación, y para ello se trató de dotar a la escena de elementos que actuaran en función de la intervención del usuario. En principio, únicamente se ha incorporado un sistema que detecta la posición del usuario en la escena, abriendo automáticamente las puertas de los baños de los apartamentos cuando este se encuentra a cierta distancia de las mismas, así como efectos reflectante para los espejos del baño, pero existen numerosas posibilidades que podrían enriquecer y añadir a la experiencia del usuario, como podrían ser interruptores de iluminación que encendieran y apagaran las luces de una habitación, muebles que pudieran ser cambiados por otros al pulsarlos con el ratón, etc.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	67/102

Para el sistema apertura automática de puertas en los baños, cuyo conjunto de canales que lo componen se muestra en la imagen de la derecha, el primer paso necesario es colocar el pivote del objeto en 3DS Max en el punto deseado, es decir, aquel punto sobre el cual se desee rotar la puerta en la animación resultante de la interacción. Una vez posicionado el pivote, se puede proceder a exportar el objeto puerta al formato .x, haciendo uso del complemento Panda Direct-X Exporter, que permitirá a Quest3D importar el modelo y



posicionarlo en su correcto lugar en la escena. La puerta se coloca inicialmente en la posición cerrada, y posteriormente se añaden los canales que calculan la posición relativa de la cámara con respecto a la puerta. Utilizando los vectores de posición de ambos, y si la cámara se encuentra a 3 metros de distancia o más cerca, se ejecuta la animación que abre la puerta y que permanece abierta hasta que el usuario sale del radio de acción. Hay que añadir un canal de inercia para que la apertura se produzca de forma gradual, y no de manera brusca e instantánea. Todo este sistema debe replicarse para cada una de las puertas de los baños para los que se desee tener dicha interacción de proximidad, aunque cabe destacar que es necesario cambiar el pivote del objeto puerta, que como ya se mencionó se trata del punto sobre el cual se realizan todas las operaciones de traslación, rotación y escala del objeto, para que el giro de la puerta sea correcto en aquellos apartamentos donde la puerta del baño se abre en el sentido contrario a las agujas del reloj.

Los cuartos de baño de los apartamentos cuentan con espejos a los que les ha dotado de efecto reflectante, el cual se detallará a continuación como se produce. Se

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	68/102



necesita crear una cámara adicional y que se encuentre enfocada en todo momento al mismo punto al que está orientado la cámara controlada por el usuario, pero invirtiendo el valor de la coordenada z. Esto se consigue calculando la reflexión en xy de la matriz de posición del objeto espejo y multiplicándolo por la matriz de posición de la cámara guiada. La nueva cámara creada para los reflejos del espejo utiliza su propio render, y hace también uso de la matriz de proyección de la cámara de usuario, para utilizar los mismos valores de zoom y de los planos de proyección.

Es la imagen renderizada por esa segunda cámara creada para el espejo la que se utilizará para generar una textura que se aplicará de manera dinámica sobre la superficie plana del espejo. Se trata pues de una textura calculada en tiempo real, y que refleja la habitación, en este caso el baño, en función de la posición del usuario y su ángulo de visión. Pero adicionalmente se necesita tener en cuenta dos factores para generar dicha textura que muestra el reflejo del espejo. Primero se debe considerar una técnica que se utiliza para optimizar el rendimiento del equipo y minimizar los recursos utilizados por la aplicación. Se trata de la ocultación de superficies no visibles por la cámara, también conocida como *culling* y de la que ya se trató en el capítulo 2 - *Estado del arte*, y que se intentará explicar brevemente en detalle cómo funciona. Si tuviéramos un cubo, en cualquier momento solamente seríamos capaces de ver tres caras en un determinado momento, sin importar el ángulo desde el que se mira. Es por eso que las otras tres caras del cubo están haciendo un uso innecesario de ancho de banda y de ciclos de cálculo de la tarjeta gráfica, y la técnica de *culling* permite determinar que superficies son aquellas a las que la cámara está apuntando, y cuáles no, pudiendo ahorrar las últimas sin tener que ser dibujadas. Aplicando dicha técnica se puede generar más rápida y eficientemente la textura dinámica del espejo.

Adicionalmente, existe la necesidad de fijar un plano para realizar la tarea de *clipping* para que la imagen fije solamente en el espejo elementos que se encuentren dentro de dicho plano. De esta forma se consigue reducir los recursos que utiliza esta segunda cámara, optimizando también así la generación de la textura que se proyecta en el espejo. Quest3D cuenta con una librería de funciones de Direct-X que incluyen técnicas como *culling* y el manejo de planos *clipping*, por lo que cuenta con canales propios que se encargan de realizar estas tareas.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	69/102

En la figura 19 se muestra el conjunto de canales necesarios para generar la textura que se aplica al espejo de uno de los apartamentos del edificio.

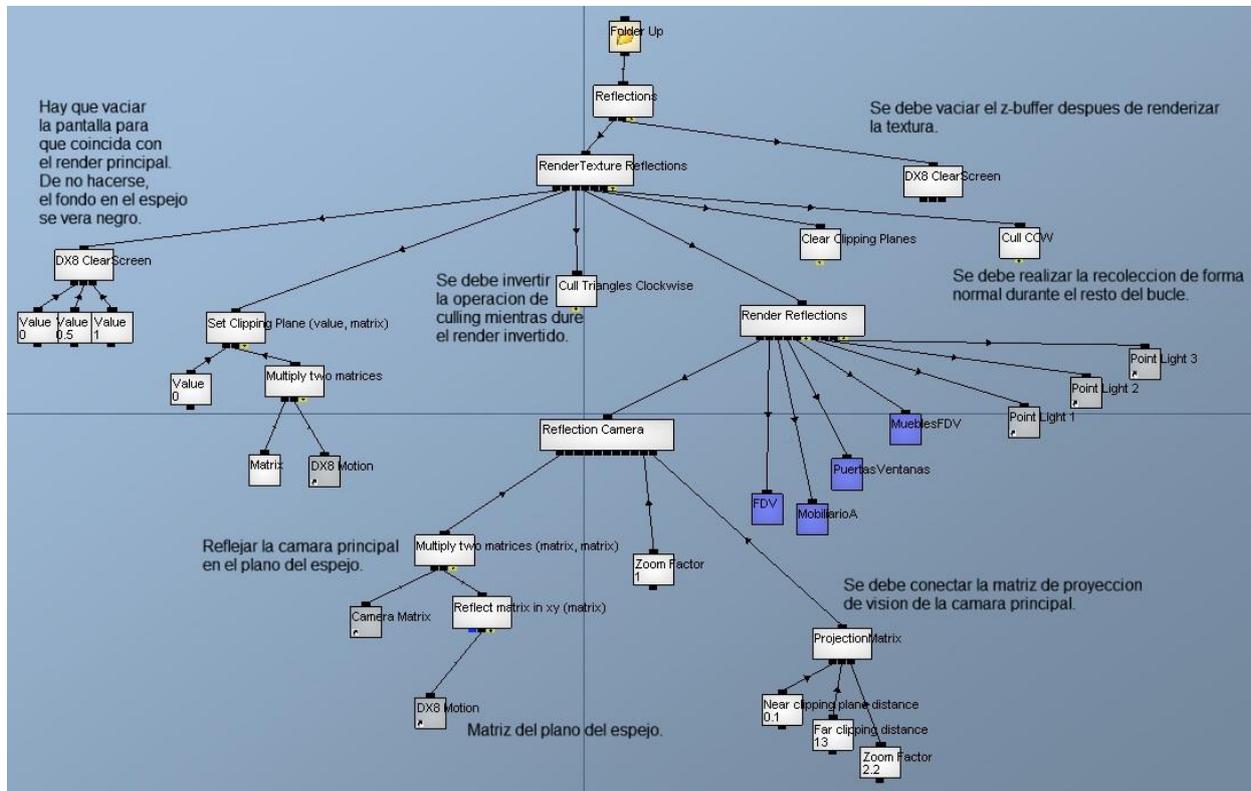


Figura 19. Canales del sistema de espejo del apartamento 1-5.

4.2.10. Iluminación

El último paso para dotar a la escena de un mayor grado de realismo es el de proveer a la escena de luz. Gracias a la iluminación se puede dotar al modelo de una mayor sensación de volumen, con lo que aumenta la apreciación de los objetos de la escena y mejora la experiencia del usuario, aportando realismo a la visita virtual.

En lo que a este apartado respecta, se ha abordado anteriormente que es aconsejable la elección e integración de un motor de iluminación en el entorno Quest3D, aunque no siempre es posible debido a la gran cantidad de recursos que dichos sistemas requieren. La iluminación de una escena puede suponer una fase completamente diferenciada y suele consumir bastantes recursos humanos y temporales dependiendo del compromiso de calidad que se quiera obtener. En función de las técnicas de iluminación que se seleccionen, se puede acabar haciendo uso de

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	70/102



una mayor cantidad de recursos temporales que se deben tener en cuenta a la hora de abordar este apartado del desarrollo. Como se comentó en el apartado del capítulo 2 - *Estado del arte*, se concluyó que se haría uso de la técnica de mapas de luces, ya que proporcionan un sistema de iluminación idóneo para sistemas en tiempo real, además de 5 focos de luz repartidos por la escena y que iluminan el modelo.

Los mapas de luces se generan en 3DS Max 2010. Para ello, se comienza tomando los elementos de la escena que se desea iluminar y se procede a colocar los puntos de luz necesarios, especificando su posicionamiento, intensidad lumínica, tipo de sombras que proyectan y a qué elementos afectan. Antes de comenzar a calcular los *lightmaps*, hay que tener en cuenta unos cuantos detalles. No sería óptimo calcular una textura para cada uno de los triángulos de la escena, hay que agrupar por superficies, de manera que se aproveche lo máximo posible la textura cuadrada. Si a cada triángulo se le aplicara una textura cuadrada, se malgastaría el 50% de la memoria en texturas que nunca se verían.

Antes de generar los mapas es necesario hacer pruebas con distintas configuraciones de luces para asegurar que la iluminación aplicada es la deseada y que los parámetros de los algoritmos de iluminación producen los efectos que se esperan. Para ello, es necesario colocar en 3DS Max distintas cámaras a lo largo de todo el modelo, de tal manera que se puedan apreciar el mayor número de detalles de la escena, incluyendo zonas como los techos, paredes, pasillos, esquinas, etc. Una vez posicionadas las cámaras, se debe ir generando imágenes renderizadas de distintas zonas y observar los resultados de iluminación para luego evitar sorpresas desagradables cuando se apliquen los mapas de luces a los objetos del modelo.

El programa de render que 3DS Max utiliza es *mental ray*, el cual posee un algoritmo denominado *Final Gather* que simula los efectos de iluminación global. Para ello, divide los cálculos de luz en dos componentes; iluminación directa e indirecta, donde en esta última se puede encontrar iluminación indirecta de otras superficies en las que rebota la luz directa, o la iluminación indirecta de elementos del ambiente de la escena, como por ejemplo un *skydome*. En una primera fase el algoritmo *Final Gather* calcula la iluminación directa de la misma forma que lo haría un render convencional, calculando la distribución básica de luz a través de la escena. En la segunda y última fase determina la intensidad de la luz en cualquier punto examinando

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	71/102

los valores de color encontrados dentro del hemisferio en el que se encuentra dicho punto, la cual se añade a la intensidad de la luz calculada en la primera fase. Cabe destacar por último que el algoritmo Final Gather no requiere de luces activas para iluminar una escena, puesto que puede usar los valores de color del ambiente o de las superficies de los objetos y utilizarlos como fuentes de luz.

Se toman los elementos u objetos de la escena para los que se desea genera un mapa de luces y se añade un segundo canal de mapeo para mostrar dichos *lightmaps*. A continuación es necesario aplanar las superficies de los objetos de tal forma que se puedan representar en una imagen en 2 dimensiones. Finalmente, se procede a generar las texturas de los mapas de luces aplicándoles el resultado del renderizado del modelo con los elementos de iluminación y las sombras que estos generan sobre los objetos del mismo. En la figura 20 se puede observar el aspecto que tiene la textura de un mapa de luces generado para las paredes, techo y suelo de uno de los apartamentos del edificio.

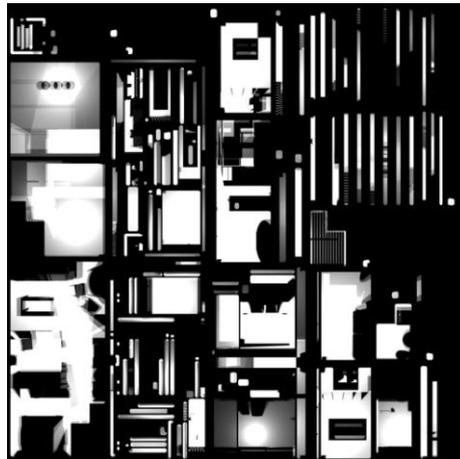


Figura 20. Mapa de luces del apartamento 1-5.

Una vez calculados todos los *lightmaps*, si se visualizan se puede comprobar que pueden parecer poco detallados, debido a su baja resolución, pese a que generalmente se aplican en superficies grandes. Es recomendable suavizarlos, aplicándole un *antialiasing*, que se encargue de eliminar cualquier artefacto que cause distorsiones en la imagen. Simplemente consiste en coger cada uno de los píxeles de la textura del *lightmap*, y hacer la media con los que le rodean, de tal modo que en lugar de cambios bruscos se verán de forma gradual, dependiendo del número de pasadas

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	72/102



que se realicen con el *antialiasing*. Es necesario también comprobar que la imagen generada posea efectos de iluminación para todas las caras y polígonos del objeto. En ocasiones, al generar los mapas de luces, se producen omisiones de algunas caras y polígonos que carecen de textura de iluminación, por lo que se recomienda utilizar algún programa de retoque fotográfico, como puede ser Adobe Photoshop, para completar y rellenar las secciones del *lightmap* que puedan faltar.

Los objetos poseen ahora dos tipos de mapeado. En el primero se encuentra la textura original y en el segundo el mapa de luces que refleja el resultado de aplicar la iluminación de la escena sobre el objeto. Esto permite utilizar renders que emplean iluminación global u otras técnicas y dotar a la escena de un aspecto más natural y realista. No obstante, tras exportar el objeto es necesario especificar en Quest3D el tipo de mapeado realizado para los objetos que hacen uso de los *lightmaps*, especificando el canal de mapeado que utilizan cada una de las texturas aplicadas al objeto.

Quest3D proporciona un sistema de generación de sombras en tiempo real en su entorno de desarrollo que se puede aplicar dinámicamente sobre objetos tridimensionales, pero requiere que los objetos que van a generar dichas sombras posean menos de 65000 polígonos. Como la escena del proyecto presenta una cantidad ostensiblemente superior de polígonos, no se ha podido utilizar dicho sistema de sombras dinámicas. Se descartó la opción de dividir la escena en varios objetos con menor número de polígonos, ante la imposibilidad de agrupar los objetos en grupos consistentes que generaran sombras uniformes. Al intentar hacer uso de este procedimiento se observó que algunos objetos del exterior del edificio en la azotea generaban sombras sobre objetos y superficies del garaje, por lo que se producían incoherencias de iluminación al utilizar este sistema.

4.2.11. Pruebas y validación

Finalmente, es necesario verificar que todas las funcionalidades implementadas en el proyecto son llevadas a cabo correctamente. Para ello, se diseñó un plan de pruebas que consiste en una serie de comprobaciones para cada uno de los elementos que integran el proyecto, y que son susceptibles de causar problemas, tanto de funcionalidad como de rendimiento.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	73/102



Es necesario incluir planos de colisión para no atravesar objetos indeseados, como por ejemplo el mueble de nevera de la cocina de los apartamentos, el cual posee la dimensión necesaria para que la cámara pudiese entrar en él, por lo que añadiendo planos de colisión se consigue que el usuario no pueda atravesar superficies indeseadas y que pueden resultar en problemas durante la visita virtual. Así mismo, existen otros elementos, tales como mesas, arbustos, sillas, etc. que presentan comportamiento extraño al mover la cámara cerca de ellos, por lo que se optó a no incluir colisiones para todos aquellos objetos y muebles que se encuentran por debajo del punto de visión de la cámara, como son camas, sofás, mesas, etc. y de esta forma aumentar el campo de maniobra del usuario dentro de los apartamentos, facilitando así mismo la navegación por el edificio.

Algunos elementos utilizados en la escena producían ralentizaciones en el visionado de la escena, causados por la gran cantidad de polígonos que poseían y que requerían de un alto uso de recursos computacionales, por lo que tuvieron que ser optimizados para que su integración en la escena no supusiera un detrimento en la experiencia del usuario. Es el caso de la grifería de la cocina y de los aseos, cuyos modelos fueron importados del repositorio oficial de Roca, y que está disponible públicamente para su uso en visualizaciones virtuales.

Inicialmente, el modelo contaba con la posibilidad de entrar dentro de todos los apartamentos del edificio, pero solamente 4 viviendas de la primera planta contaban con mobiliario y decoración. Se optó finalmente por limitar el acceso solamente a esas 4 viviendas, de manera que se podrían eliminar todos los objetos de cada una de los apartamentos a los que no se permitiera el acceso, quedando restringido el acceso por la puerta de entrada al apartamento. Por el exterior del edificio se aplicó una textura reflectante a las ventanas de dichos apartamentos no accesibles, de tal forma que dichos cristales reflejaran elementos del exterior, en lugar de mostrar el contenido vacío del apartamento. De este modo, se reducía el tamaño del modelo y se optimizaba la ejecución de la aplicación, disminuyendo también los tiempos de carga.

La siguiente es una lista de todos aquellos elementos que debían ser comprobados cada vez que se realizaban cambios de modelado, iluminación y texturizado.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	74/102



- Colisiones de paredes, suelos, puertas y ventanas.
- Integración de los elementos modelados en la escena.
- Aplicación de texturas y mapeado de elementos.
- Iluminación de objetos con mapas de luces aplicados.
- Rendimiento de la aplicación.
- Elementos interactivos tales como puertas, espejos, etc.

4.3. Manual de usuario

El proyecto se ha enfocado para su uso en el sistema operativo Windows por lo que no es posible su ejecución en otros sistemas operativos. La ejecución de la escena desde un entorno Windows es rápida y sencilla. No es necesario instalación de ningún software de terceros. El único requisito es disponer de un ordenador con Windows 2000, XP, Vista o Windows 7 que disponga de una tarjeta gráfica de buen rendimiento.

En el directorio raíz del disco entregado existe un archivo ejecutable llamado FDV.exe. Para ejecutarlo, simplemente habrá que realizar doble clic sobre el archivo y esperar a que aparezcan las opciones de configuración del equipo. Dichas opciones permiten elegir el modo en el que se ejecutará la aplicación; En modo ventana o a pantalla completa, así como la resolución en la que se ejecutará la aplicación, y el dispositivo de tarjeta gráfica que se utilizará para su visionado. Tras seleccionar los elementos mencionados comenzará la carga de la escena.

Una vez ejecutado el archivo y tras finalizar la carga de la escena (el tiempo de carga puede variar dependiendo del ordenador) es posible desplazarse a través de la escena mediante los siguientes controles:

- Teclado

Desplazamiento - Mediante las flechas de dirección o las teclas W, A, S y D se puede moverse hacia adelante o hacia atrás, así como realizar desplazamientos laterales.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	75/102



Cambiar cámara – Con las teclas 1-7 se puede cambiar la localización de la cámara dentro de la escena.

Salir – Pulsando la tecla Esc se cierra la aplicación.

- Ratón

Giro – Con el desplazamiento del ratón se puede cambiar la orientación de la cámara que controla el usuario.

4.4. Manual de referencia

Es importante recalcar que será necesaria la versión 3DS Max 2010 para abrir los ficheros pues no es compatible con versiones anteriores de 3DS Max. La versión final del modelo que se encuentra bajo la carpeta “/3DS MAX/” está texturizada para permitir su uso genérico en cualquier tipo de desarrollo. Esta versión es apta tanto para su modificación directa en 3D Studio Max 2009, así como su exportación a cualquier otro formato genérico o propietario para ser usado posteriormente en cualquier herramienta de modelado, entorno de desarrollo o motor gráfico. Para ello se puede descargar gratuitamente la versión de prueba de 3D Studio Max 2010 y utilizar las propias herramientas de exportación que este software pone a disposición del usuario.

Existen 4 versiones de cada una de las 5 partes en las que se ha dividido el edificio: 3 plantas, un tejado y un garaje. Dichas versiones recogen el estado de cada planta en distintas fases del proyecto. La primera versión recoge solamente los planos de la planta con un plano que cubre la superficie de los objetos de la planta que se desea modelar ("Planta X - Suelos.max", donde la X corresponde al número de planta). La segunda contiene toda la geometría necesaria y todos los objetos de la planta se encuentran modelados y etiquetados acordeamente ("Planta X - Relieve.max"). La tercera versión tiene las texturas aplicadas a cada elemento del modelo ("Planta X - Texturas.max"). Finalmente, existe una versión definitiva para cada planta ("Planta X - FINAL.max"), que incluye todos los objetos de cada sección del edificio y que será la que finalmente se utilice para unificar todos los elementos del modelo antes de su exportación al entorno de desarrollo Quest3D. Para abrir los archivos y modificarlos es

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	76/102



necesario utilizar la versión 2010 de 3DS Max, así como tener instalado los complementos Panda Direct-X Exporter de Padasoft y OpenCollada Exporter si se desea exportarlos a los formatos .x y .dae respectivamente con las correspondientes texturas. Para mantener la mayor flexibilidad y sencillez posible, únicamente se han utilizado los materiales de Quest3D para recrear las transparencias de los cristales de las ventanas del edificio en el modelo. El resto de objetos han sido texturizados mediante el uso de los propios materiales de 3DS Max.

Existe un archivo que contiene todas las plantas de manera conjunta, denominado "FDV - FINAL.max" y es la que se ha utilizado para exportar el edificio de tal forma que Quest3D no tenga que duplicar las texturas para cada planta, y de esta forma reducir el tamaño final de la aplicación y los recursos computacionales que consume.

En el caso de no ser necesaria la modificación del modelo, éste se puede utilizar e incorporar en el desarrollo mediante la utilización de la escena en formato .dae que se encuentra bajo la carpeta "/Quest3D/". Esta escena contiene tanto el modelo como el mapeo y texturizado. También es posible obtener el modelo en cualquier otro tipo de formato a partir de los ficheros originales de 3DS Max y mediante el uso de herramientas de exportación específicas. Las texturas pueden encontrarse bajo la carpeta "/Quest3D/images". Estas texturas son utilizadas por 3DS Max y Quest3D, y posteriormente son embebidas en el ejecutable final de la aplicación, por lo que no son accesibles directamente si se cuenta solamente con el ejecutable.

En el capítulo 2 - *Estado del arte*, así como en la sección 4.1.2 del presente capítulo, se puede encontrar un análisis y justificación detallada de cada una de las técnicas y herramientas utilizadas en el desarrollo y cuya lectura es recomendable antes de la utilización del modelo para un nuevo desarrollo. La información de referencia necesaria para la utilización o ampliación del presente proyecto queda completada en el capítulo 7. En ese capítulo se exponen los posibles campos de ampliación y mejora del producto obtenido, así como posibles vías de implementación y uso del modelo en futuros desarrollos.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	77/102



5. Resultados

Como resultado del desarrollo se ha obtenido todos los productos requeridos, cumpliendo con los objetivos impuestos y prestando especial atención en obtener un resultado funcional y de calidad.

El requisito esencial era la recreación tridimensional del proyecto FDV, que corresponde a un conjunto de viviendas de bajo coste, así como integrarlo en un motor de render en tiempo real con el fin de poder realizar un recorrido virtual del mismo. El modelo obtenido representa fielmente el aspecto final que tendrá el edificio. Se han utilizado las medidas proyectadas para el proyecto, manteniendo todos los elementos a escala, y preservando las relaciones de tamaño originales. El conjunto de fotos de materiales utilizados en el proceso de construcción y las reuniones con el personal del estudio de arquitectos del proyecto han permitido la reproducción de los espacios, mobiliario y detalles con gran similitud a los originales. La creación de las imágenes de texturas se han basado y creado respetando los materiales originales de construcción.

Para asegurar la compatibilidad y adaptación del modelo para que pueda ser manejado por Quest3D, se ha realizado un completo estudio de las técnicas y herramientas existentes en el mercado para producir un resultado que satisfaga las necesidades requeridas. Como consecuencia se ha generado el modelo según el formato y peculiaridades requeridas por el entorno de desarrollo elegido para el proyecto. El producto resultante es íntegramente gestionable por Quest3D, el cual a su vez dispone de librerías para el manejo de la escena completa.

Para asegurar la perfecta visualización y correcto rendimiento de la escena en Quest3D se ha implementado un proyecto que permite el renderizado en tiempo real del edificio mostrando a su vez un recorrido virtual del mismo. De esta manera queda totalmente asegurada la compatibilidad del producto obtenido para su uso e incorporación en cualquier solución desarrollada en Quest3D, así como en diversos motores gráficos que puedan hacer uso del modelo.

Más allá de los requisitos impuestos, se ha buscado en todo momento la obtención de un producto funcional, flexible, optimizado y de calidad. Cada uno de

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	78/102

estos objetivos ha sido considerado en cada una de las etapas de desarrollo y los resultados obtenidos en el producto final se traducen en los siguientes puntos:

Funcionalidad

El modelo del edificio FDV busca, ante todo, ser funcional. Prueba de ello ha sido implementación de un sistema que permite recorrer de manera virtual el edificio. Todos los productos obtenidos están libres de restricciones legales de uso. Desde un principio se ha querido generar un producto que fuese funcional, con independencia de futuros planes de desarrollo u otras aplicaciones del proyecto. El máximo potencial del modelo se obtiene al adaptarlo y optimizarlo para su uso específico en futuros proyectos, sin embargo, el producto obtenido en este desarrollo dispone de entidad propia.

Flexibilidad

La utilización de técnicas simples y estandarizadas, el uso de formatos genéricos y la utilización de herramientas ampliamente aceptadas repercuten en la obtención de un producto final flexible y adaptable a un amplio rango de desarrollos de distinta naturaleza. Como punto negativo, al desechar el uso de técnicas complejas y específicas de herramientas como 3DS Max, la calidad de detalle ha quedado acotada en un nivel inferior al potencialmente obtenible.

La preparación del modelo para su uso optimizado en el entorno Quest3D, choca con el objetivo de ofrecer un producto flexible y adaptable. Para satisfacer ambas necesidades se podrían generar dos versiones del mismo modelo. Una versión específica y optimizada para su uso en Quest3D y otra versión genérica en la que se potencia su adaptabilidad y flexibilidad.

Optimización

El modelado y diseño 3D es un campo que consume gran cantidad de recursos computacionales. La optimización del modelo ha sido un punto muy tenido en cuenta. Entre la versión inicial y la versión final de producción se ha conseguido reducir el tamaño resultante entre un 50 y un 60%. En esta reducción de tamaño la calidad de detalle en la escena apenas se ha visto influenciada. El uso de técnicas como la

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	79/102



instanciación de objetos, utilización de mapeo, texturas de repetición, simplificación del modelo o reducción al máximo posible del número de polígonos en la creación de objetos han sido claves para alcanzar el resultado deseado. El modelo contiene la información y polígonos exclusivamente necesarios, abogando por un tamaño contenido. Esto permite el renderizado en tiempo real de la escena con un uso y necesidad de recursos computacionales lo más reducido posible.

Calidad

La calidad de detalle del modelo es un objetivo en confrontación directa con el de optimización. Para obtener un buen nivel de detalle en el modelo se ha prestado especial atención en el respeto de las medidas originales. Una recreación fidedigna del mobiliario y detalles del edificio así como el especial cuidado en la realización de texturizado han sido factores clave para aportar un mayor realismo a la escena. La inclusión de iluminación y la generación de sombras mediante el uso de mapas de luces, junto con la recreación de un entorno exterior, que incluye un cielo y un suelo, terminan por dotar a la escena del nivel de detalle y calidad buscados.

Para finalizar se ha habilitado una página web pública con toda la información sobre el proyecto de la fábrica de vivir, y en el futuro será posible descargar la documentación y el modelo generados en este proyecto. Esta página web queda abierta al público en general y sin restricciones de acceso en la siguiente dirección:

<http://www.lafabricadevivir.com>

Fecha: 26/03/2010	Nombre Acrónimo del Documento: Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	Versión: 1.0	Página: 80/102
-----------------------------	--	------------------------	--------------------------



6. Conclusiones

6.1. Conclusiones sobre el desarrollo

El diseño 3D es un campo complejo y cambiante. Las técnicas que se utilizaban en el pasado están desfasadas, del mismo modo que las que actualmente se utilizan serán reemplazadas por nuevas técnicas más avanzadas que obtengan mejores resultados. Esto, junto a la gran cantidad de herramientas disponibles en el sector y el hecho de que cada solución de software ponga a disposición técnicas propietarias, hace que la elección del entorno sea un elemento vital del proyecto. La elección de una herramienta y formato de publicación particular limita los resultados que se pueden obtener. En este sentido la etapa de “estudio y comparativa de las técnicas y herramientas de desarrollo” ha resultado ser crucial para la obtención de un modelo optimizado para su uso bajo el entorno Quest3D, y que además fuese adaptable y flexible a futuros desarrollos.

El proceso de modelado ha supuesto un proceso costoso y largo. Además ha sido necesario prestar especial atención a su optimización para minimizar el uso de recursos computacionales. El renderizado en tiempo real de una escena del tamaño del edificio FDV conlleva importantes problemáticas de optimización. Ha sido necesario acudir a diversas técnicas, así como prestar una especial atención a la simplificación de objetos utilizando el menor número de polígonos para su representación. Aún así se ha necesitado separar el modelo en plantas y es recomendable el uso de técnicas de optimización específicas al usar el modelo dentro del entorno de programación y motor de renderizado de Quest3D.

Las fases de texturizado e iluminación han resultado claves para dotar a la escena de un mayor realismo y similitud con el edificio real. El uso de técnicas como el mapeo o la utilización de texturas de repetición han permitido disminuir el coste computacional necesario para su procesamiento. El uso de una iluminación general basada únicamente en cinco focos supone una simplificación importante ya que el cálculo de iluminación y generación de sombras supone un alto coste computacional en un renderizado en tiempo real. Para intentar conseguir mayor realismo, y dotar a la

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	81/102



escena de más calidez se optó por utilizar *lightmaps*, o mapas de luces, que otorgaran a los apartamentos de un alto nivel de detalle en términos de iluminación.

El uso de técnicas genéricas y simples, la utilización de formatos genéricos y el uso de herramientas libres de restricción de uso dotan al modelo de una alta flexibilidad y adaptabilidad. Sin embargo, al no hacer uso de las técnicas específicas y propietarias del software utilizado, la calidad de detalle y optimización de la escena han quedado acotados en un nivel inferior al potencialmente obtenible.

6.2. Conclusiones personales

En el ámbito personal el presente proyecto me ha permitido obtener una mayor experiencia en el campo del diseño 3D y la infoarquitectura. Había tenido experiencias previas durante la carrera en la creación de entornos virtuales, pero nunca antes me había enfrentado a un proyecto de esta envergadura. El estudio previo para la elección de las herramientas y técnicas que más se ajustaban a las necesidades del proyecto me ha aportado un mayor conocimiento en materia de creación de entornos virtuales y las distintas vías disponibles para llevar a cabo un proyecto de modelado 3D de gran dimensión.

El mayor reto personal al que me he tenido que enfrentar dentro del desarrollo ha sido la creación del modelo tratando de minimizar el uso de recursos así como de lograr la mayor flexibilidad y adaptabilidad posible. A mitad del modelado he tenido que desechar la metodología inicial para abordar el desarrollo mediante un cambio de técnica. Este cambio de técnica se debió a la imposibilidad de continuar por la vía inicial a falta de un equipo con los recursos suficientes como para mover la escena completa en tiempo real. El modelo que estaba generando era muy pesado y poco optimizado por lo que el uso de recursos computacionales era muy superior al esperado.

A título personal la realización de este proyecto ha supuesto una experiencia muy gratificante y didáctica. He aumentando ampliamente mis conocimientos en la materia, así como en otros campos nuevos como son la arquitectura y el estudio de materiales de construcción, y ha supuesto un reto personal en la búsqueda por la

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	82/102



obtención de un resultado que reflejase la madurez y experiencia adquirida durante todos estos años de formación académica.

Uno de los aspectos más complicados del desarrollo ha venido a la hora de seleccionar algunas texturas para el edificio y decorar el interior de los apartamentos. El jefe del proyecto FDV tenía que aprobar cada una de las texturas y mobiliario que se decidiese incluir en los apartamentos, y fueron varios los cambios que se tuvieron que realizar hasta conseguir dar con una combinación que resultara acorde con las ideas que tenía para el acabado del edificio y los apartamentos.

La implementación del sistema de iluminación ha supuesto el aspecto más frustrante del desarrollo del proyecto. A la hora de realizar las pruebas de iluminación es necesario llevar a cabo una gran cantidad de renders de distintos ángulos de la escena, con el objetivo de comprobar el correcto uso de las fuentes de iluminación, su intensidad, atenuación, proyección de sombras, color de la luz y un largo etcétera. Generar todos esos renders requiere no solo de una gran cantidad de recursos computacionales, sino también de tiempo para llegar a producirlos. En algunos casos, y bajo ciertas configuraciones de los atributos de iluminación global aplicados a la escena, se ha llegado a tardar más de 60 minutos en generar un solo render de una región del edificio. Esto hacía que ajustar cualquier fallo o introducir nuevas modificaciones en términos de iluminación supusiera un notable retraso en el desarrollo del proyecto. Sin duda, el haber contado con más experiencia en el campo de la iluminación para entornos virtuales habría ayudado a simplificar las tareas de iluminación. No obstante, se trata de un proceso que suele requerir de una notable cantidad de tiempo y recursos.

La generación de mapas de luces no ha estado carente de dificultades. Se observó que algunas superficies o polígonos no estaban correctamente mapeados al finalizar el proceso de generación de lightmaps. Al aplicar dichos mapas de luces en Quest3D se podía observar que algunas paredes o superficies poseían un color negro, que al comprobar el fichero del lightmap correspondiente al objeto evidenciaba de la falta de iluminación para dicha superficie o polígono. Es por eso que fue necesario realizar correcciones utilizando Adobe Photoshop, con el objetivo de proporcionar el gradiente necesario y que el efecto de iluminación fuera consistente dentro de la escena.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	83/102



El sistema de reflejos de los espejos de los aseos supuso un ligero contratiempo en el desarrollo del proyecto por los problemas que surgieron al implementarlo. Al realizar las primeras pruebas con superficies reflectantes en Quest3D se observaba que los espejos funcionaban correctamente solamente si eran colocados fuera del edificio, pero al posicionarlos en su ubicación final dentro de los aseos tenían comportamientos extraños. Dichos comportamientos variaban desde reflejar superficies que se encontraban fuera del aseo, hasta ocasiones en las que colocarse cerca del espejo permitía atravesar visualmente paredes y suelos, pudiendo verse apartamentos de plantas superiores y alejarse de él hacia atrás suponía poder ver en el espejo la habitación se encontraba a espaldas del usuario. Dicho problema de comportamiento insólito se solucionó con la inclusión de planos de *clipping* y aplicando tareas de *culling*, además de limpiar los búferes de la cámara antes y después de generar la textura que se fijaba en dichos espejos.

Finalmente, me gustaría destacar las dificultades encontradas a la hora de implementar ligeros cambios en el proyecto cada vez que se realizaban modificaciones en el modelo, y el impacto que dichos cambios tenían en el desarrollo. El hecho de variar algún elemento estructural de un apartamento, cambiar el tamaño de una pared, mover determinados objetos o modificar el color de una textura, supusieron en muchos casos tener que integrar el modelo prácticamente desde cero, dentro del entorno de desarrollo, teniendo que volver a implementar las dependencias de colisiones, interactividad, etc. para muchos elementos del proyecto. El haber contado con un sistema de integración del modelo al entorno de desarrollo que estructurara la forma de realizar los cambios y minimizara el impacto de los mismos habría reducido substancialmente el tiempo de desarrollo, sobre todo en sus últimas fases.

Fecha: 26/03/2010	Nombre Acrónimo del Documento: Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	Versión: 1.0	Página: 84/102
-----------------------------	--	------------------------	--------------------------



7. Futuras líneas de trabajo y mejoras

7.1. Modelado

En lo que al modelado se refiere hay algunas líneas de trabajo que podrían ser abordadas.

Debido a limitaciones de los equipos informáticos actualmente disponibles, no se modeló el interior de todos los apartamentos del edificio, con el objetivo de minimizar los recursos computacionales utilizados por la aplicación. Es posible que en el futuro, los avances tecnológicos y las nuevas técnicas de generación de escenas y entornos virtuales permitirán que sea posible mostrar todos y cada uno de los apartamentos disponibles en el edificio, cada uno decorado y amueblado con elementos diferenciados.

Se podría también modelar el interior del ascensor del edificio con el objetivo de que los usuarios pudieran hacer uso de él y no verse así obligados a tomar las escaleras cada vez que desearan cambiar de piso. A pesar de contar con un sistema que les permite transportarse directamente a diversas zonas del edificio, el contar con un ascensor interactivo proporcionaría al usuario la posibilidad de experimentar con una mayor cantidad de elementos del proyecto FDV.

Esta podría ser, junto con la finalización del edificio, el siguiente paso lógico para dar continuación a este trabajo en su fase de modelado.

7.2. Mapeo y texturizado

Atendiendo al compromiso de obtener un resultado altamente adaptable a cualquier uso futuro se han desechado la utilización de técnicas avanzadas de texturizado. Si se quiere utilizar el edificio en un entorno y motor de renderizado específico tendría lógica aprovechar al máximo las funcionalidades compatibles dentro del marco de trabajo. Por ejemplo, se podría buscar una forma de que los mapas de luces se pudieran integrar directamente a los objetos del modelo al que van aplicados,

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	85/102



minimizando así las tareas del programador a la hora de integrar dichos objetos en la escena.

7.3. Motor de renderizado

Este es, sin lugar a dudas, el apartado donde más trabajo puede llevarse a cabo. Quedaría pendiente la optimización del cargador de escenas, para poder visualizar las distintas plantas y zonas del edificio de manera dinámica, consiguiendo así rebajar el uso de memoria y consumo de recursos.

Aunque se ha incluido una iluminación en el modelo ésta es muy básica. La elección de un motor de iluminación y la utilización de técnicas avanzadas de iluminación pueden mejorar en gran medida la calidad y realismo de la escena. Además, sólo se han utilizado cinco focos generadores de luz, cuando lo idóneo sería la recreación de la iluminación real del edificio estableciendo y configurando una iluminación general recreando la luz solar así como todos y cada uno de los focos de luz artificial existentes en el edificio.

Por último, sería interesante la inclusión de más eventos y animaciones en la escena. Así, por ejemplo, se podría implementar las funcionalidades necesarias para interactuar con más objetos del edificio y recibir una respuesta inmediata del mismo (*feedback*). Ejemplos de la implementación de estas funcionalidades podría ser el encendido o apagado de luces dentro de los apartamentos y las habitaciones de la escena, posibilidad de mover el mobiliario e intercambiarlo libremente al gusto del usuario, introducir actores o personajes que se muevan por la escena de acuerdo a una trayectoria programada y que doten a la escena de una mayor sensación de realidad, etc.

7.4. Iluminación

El método de iluminación mediante mapas de luces o *lightmaps* es muy básico y es extremadamente lento. Para hacerlo viable, habría que tener en cuenta una serie de optimizaciones.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	86/102



Tamaño de los lightmaps: Al principio se presuponía un tamaño de los *lightmaps* de 2048x2048 píxels. No obstante, no es necesario que todos tengan el mismo tamaño, puesto que un objeto muy pequeño no tiene por qué tener tanta resolución, y bastaría con emplear un *lightmap* de 128x128. Así pues, antes de empezar a calcular nada, no está de más decidir el tamaño de los *lightmaps* de cada superficie en función de su tamaño. Se puede hacer en función de un tamaño predefinido, o en relación con los demás objetos.

Alcance de las luces: Al calcular las sombras, no es necesario comprobar las superficies que, debido a la atenuación de la luz, no le afectan. Una opción rápida de implementar sería crear una caja delimitadora para cada luz y, aprovechando dichas cajas de las superficies ya creadas, mirar si éstas colisionan o están una dentro de otra. Se podría crear de esta forma una lista de caras con las que trabajar, una lista por cada luz.

Exteriores: Normalmente los exteriores están formados por superficies 'suaves', es decir, con una gran cantidad de triángulos, todos dispuestos en ángulos diferentes, pero próximos, para crear sensación suavidad. Por lo tanto, cada una de esas superficies estará formada por un solo triángulo, por lo que si un exterior tiene un número X de superficies, tendrá un número X de triángulos, y por tanto un número X de *lightmaps*. Como ya se mencionó anteriormente, aplicar un *lightmap* a un solo triángulo es malgastar mucha memoria RAM, y como normalmente en los exteriores no suele haber una gran cantidad de sombras, sería recomendable aplicar otro tipo de iluminación en los exteriores.

7.5. Interacción

Existen distintas opciones que se podrían incluir en futuras versiones del presente proyecto. Una de ellas sería la inclusión de un ascensor interactivo que permitiese seleccionar el número de planta al que el usuario desea trasladarse y que realizara la correspondiente animación. Al acercarse al ascensor, aparecería la opción de llamar al mismo mediante el pulsado de una tecla del teclado, y al entrar dentro, podría aparecer una lista de las plantas disponibles a las que el usuario podría acceder.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	87/102



También se podría incluir un sistema acústico por el cual se pudiera escuchar el sonido de las pisadas cada vez que la cámara controlada por el usuario se desplazara por la escena. Dichas pisadas tendrían un sonido distinto en función del tipo de superficie por la que se desplazara el usuario.

Para aquellos usuarios menos expertos o que no estén familiarizados con recorridos y visitas en entornos virtuales se les podría proporcionar un sistema que les realizara la presentación de manera automática. Es decir, al arrancar la aplicación, el sistema automáticamente podría comenzar a mostrar el edificio y pulsando una tecla se podría otorgar el control de la cámara al usuario. En cualquier momento de la visita, el usuario podría pulsar esa tecla y devolver el control de la cámara a la aplicación para que continuara con la visita guiada.

Finalmente, sería interesante proporcionar al usuario una forma de personalizar su propio apartamento, dándole la posibilidad de colocar los muebles del proyecto de La Fábrica de Vivir como más le gustara. De esta forma, el usuario seleccionaría la ubicación de los muebles que deseara, y posteriormente podría ser capaz de realizar la visita interactiva por el edificio, viendo el resultado de su elección aplicado a la escena.

Fecha: 26/03/2010	Nombre Acrónimo del Documento: Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	Versión: 1.0	Página: 88/102
-----------------------------	--	------------------------	--------------------------



Bibliografía

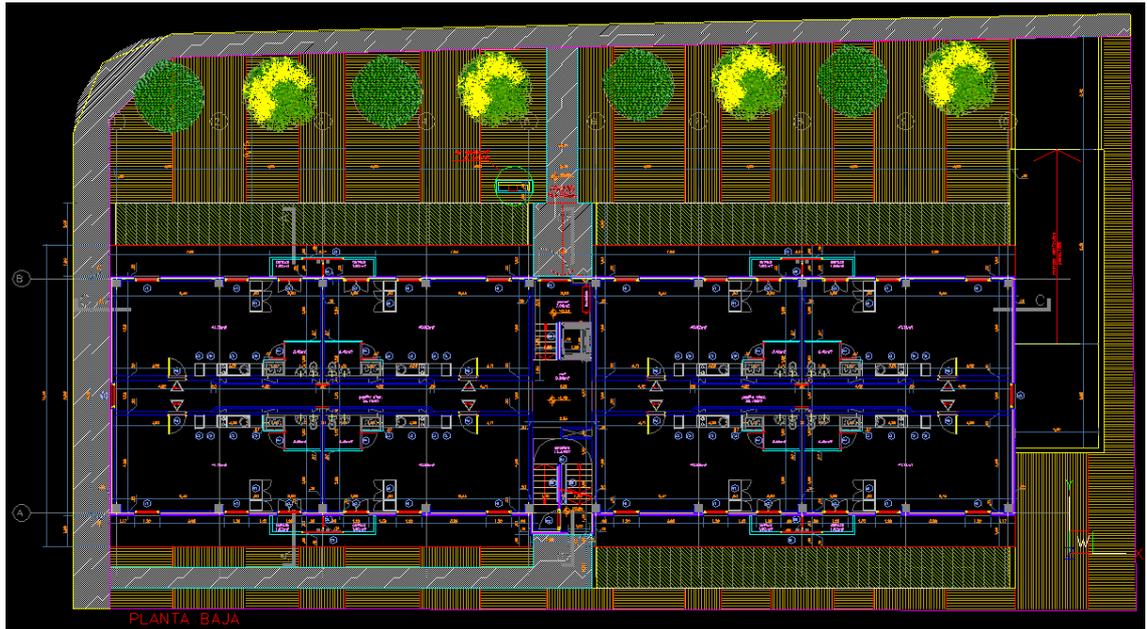
- [1] CUSSON, Roger; CARDOSO, Jamie. "*Realistic Architectural Visualization with 3DS Max and mental ray*". Focal Press. 2007. ISBN: 978-0-240-80912-0
- [2] HÖHL, Wolfgang. "*Interactive Ambient with Open-Source-Software*". SpringerWien NewYork.
- [3] CHEN, Hao; LIU, Xinguo. "*Advances in Real-Time Rendering in 3D Graphics and Games*". SIGGRAPH 2008.
- [4] LOPEZ-FABRAGA, Ric. *3D Studio Max - Skydome Mapping* [en línea]. Disponible en web <<http://lfgrafix.com/grafix/C3DB-Skies/3dSkyInMot/SIMTUT-max3.html>>.
- [5] GROOTJANS, Riemer. *Culling* [en línea]. Disponible en web <<http://www.riemers.net/eng/Tutorials/DirectX/C++/Series1/tut6.php>>.
- [6] KUROPYATNIK, Viktor. *Outdoors shadows solution for Quest3D* [en línea]. Disponible en web <http://3dvr.com/shadows_solution/>.

Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	89/102

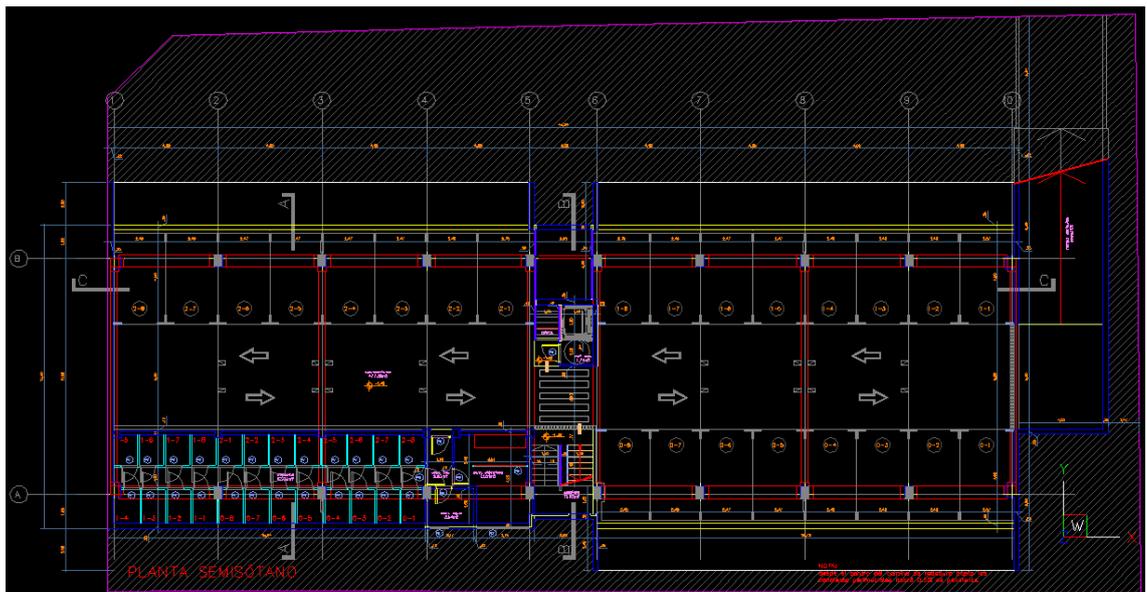
Anexos

1. Planos Edificio

Planta Baja.

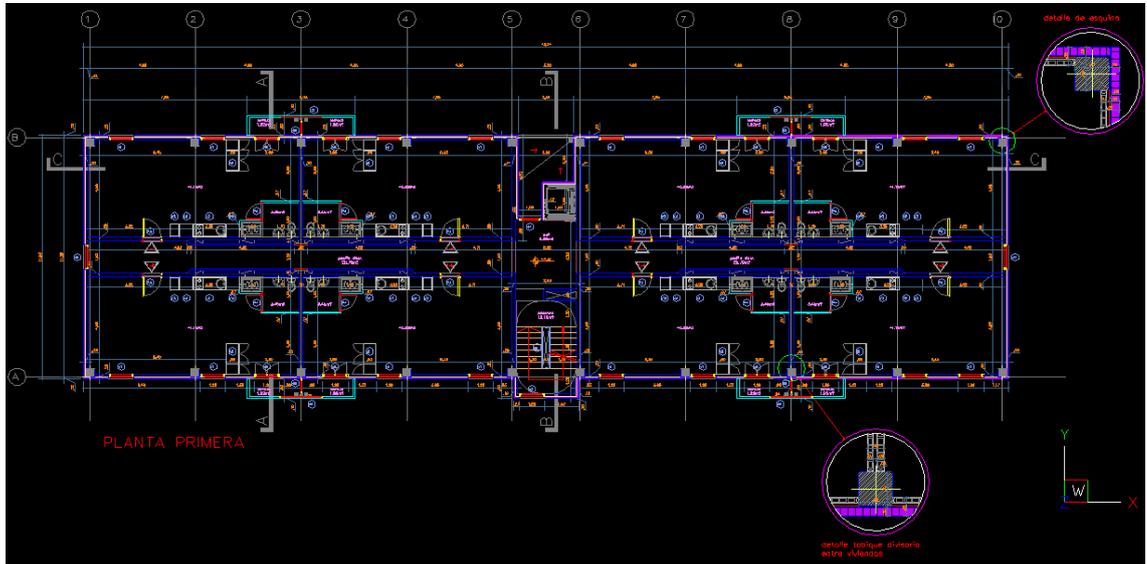


Planta semisótano.

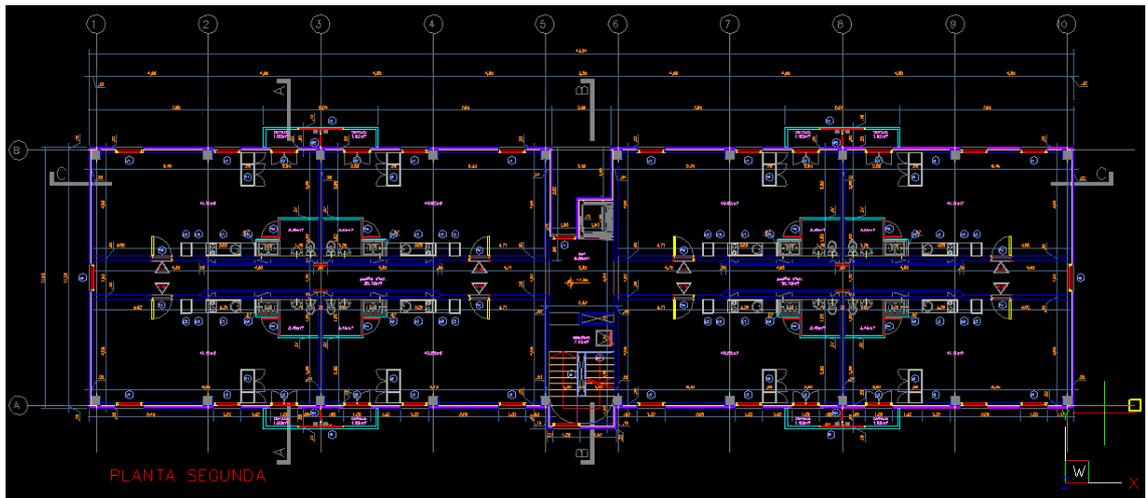


Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	90/102

Planta primera.

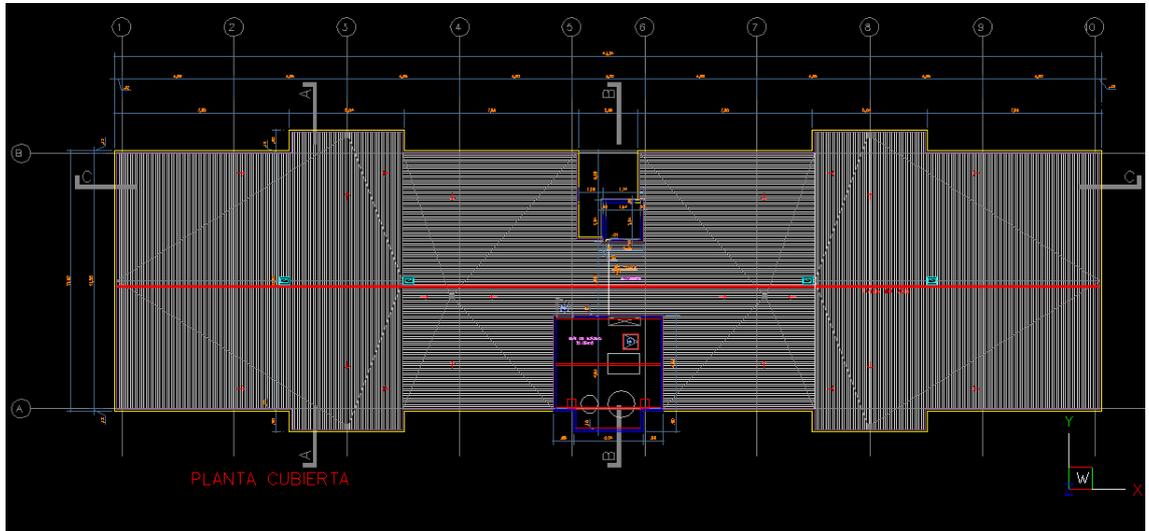


Planta segunda.

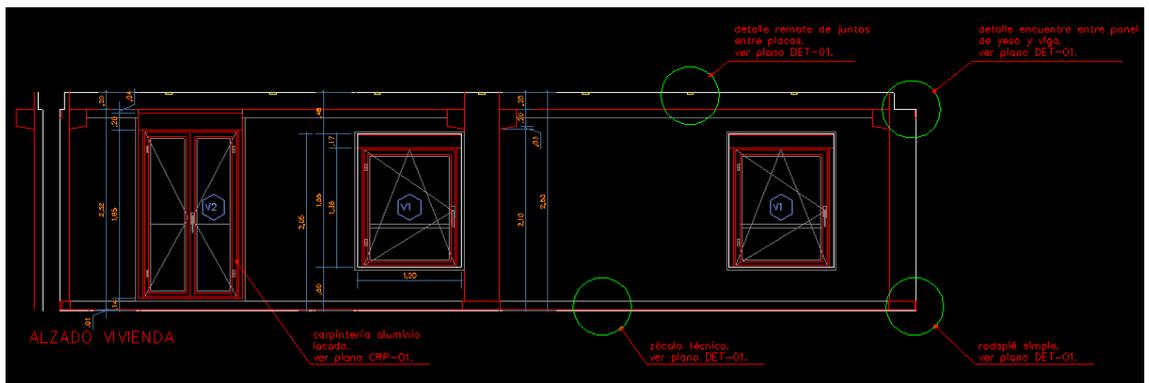


Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	91/102

Planta cubierta.

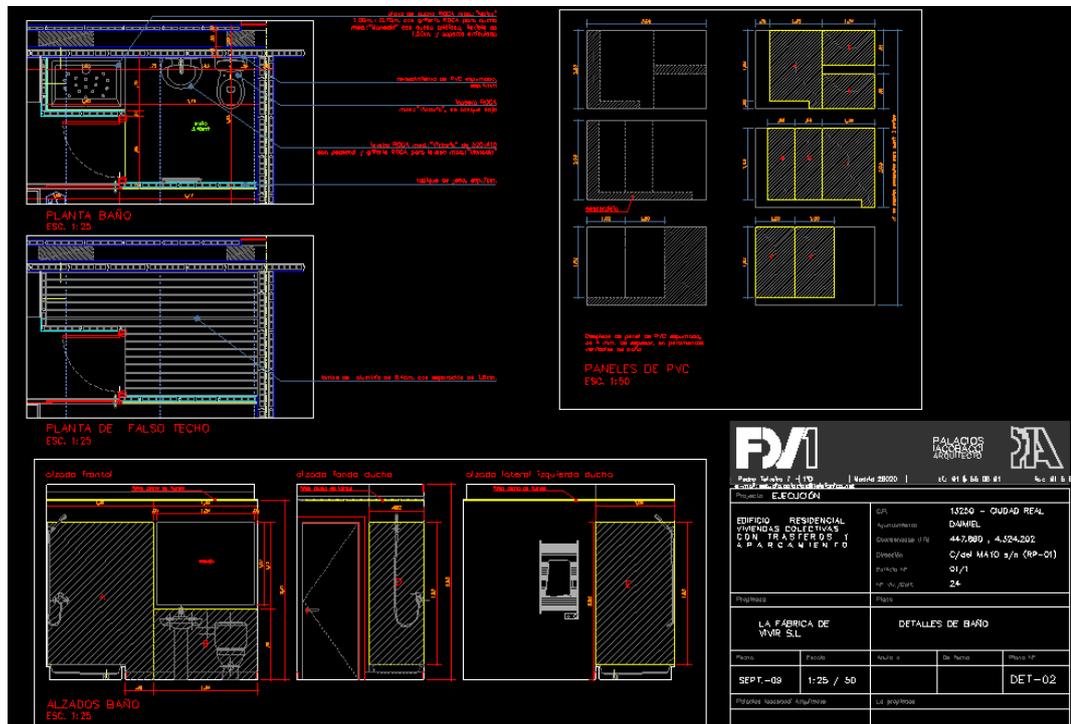


Alzado vivienda.

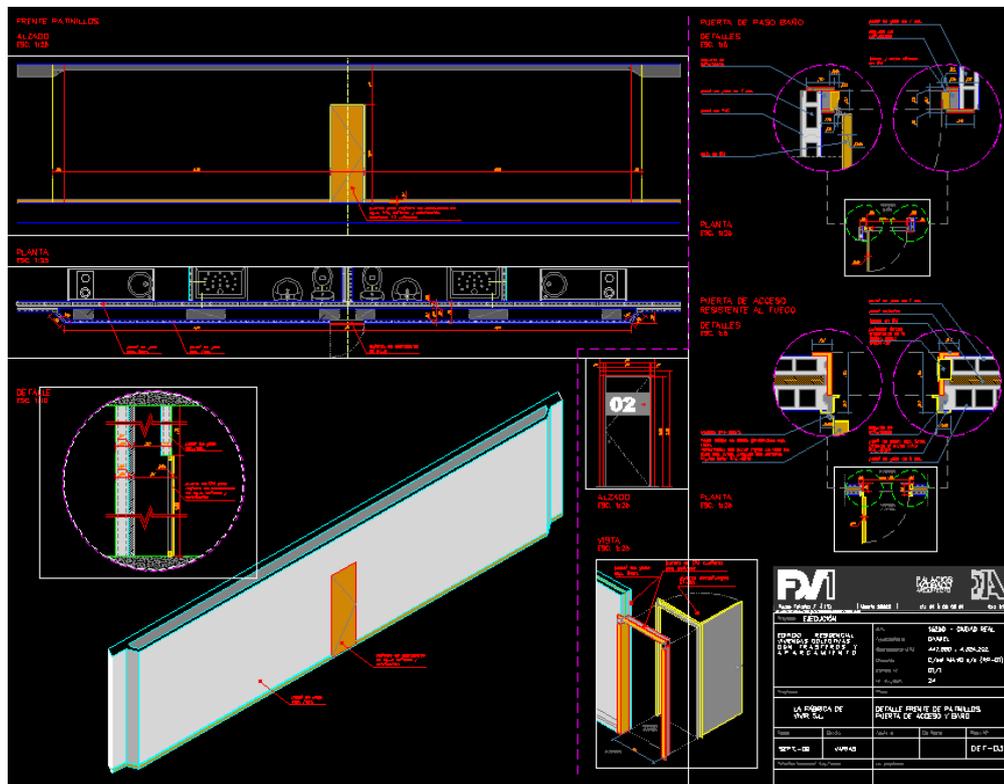


Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	92/102

Baños viviendas.



Pasillos comunes.

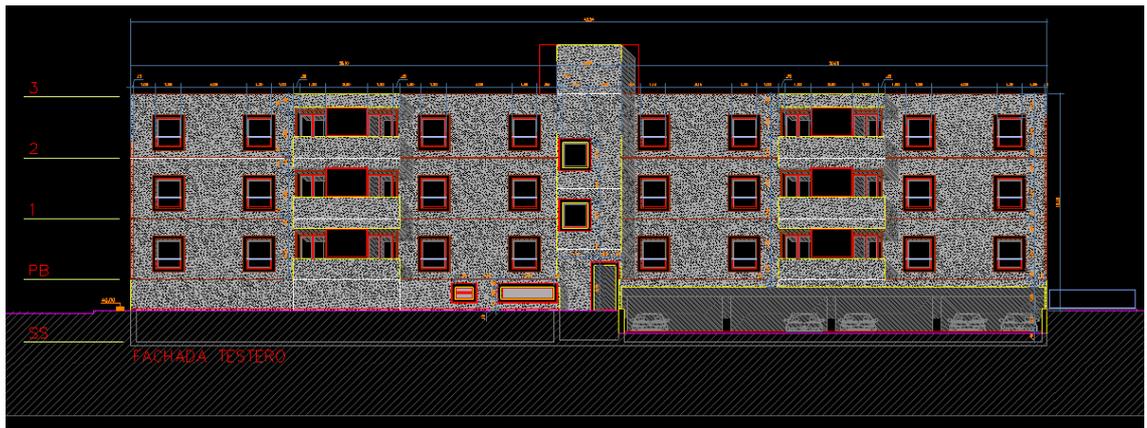


Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	93/102

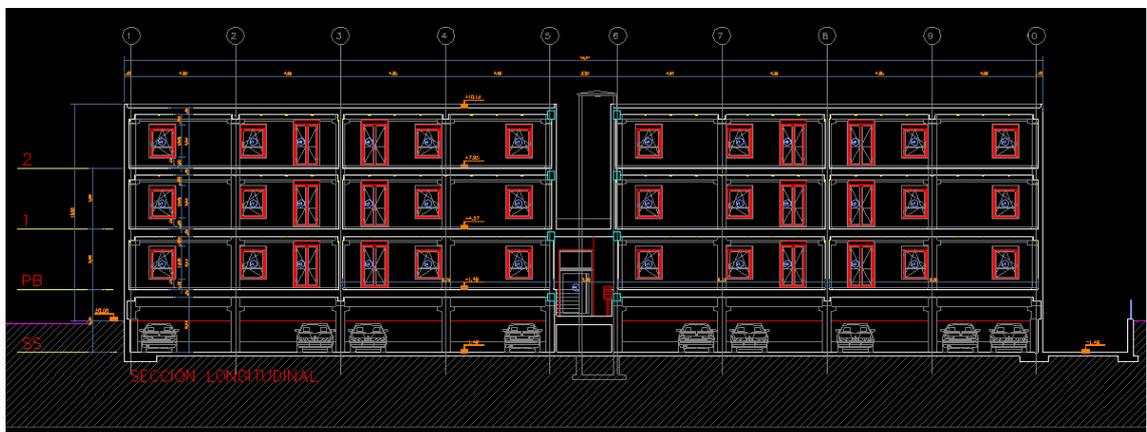
Fachada acceso.



Fachada testero.

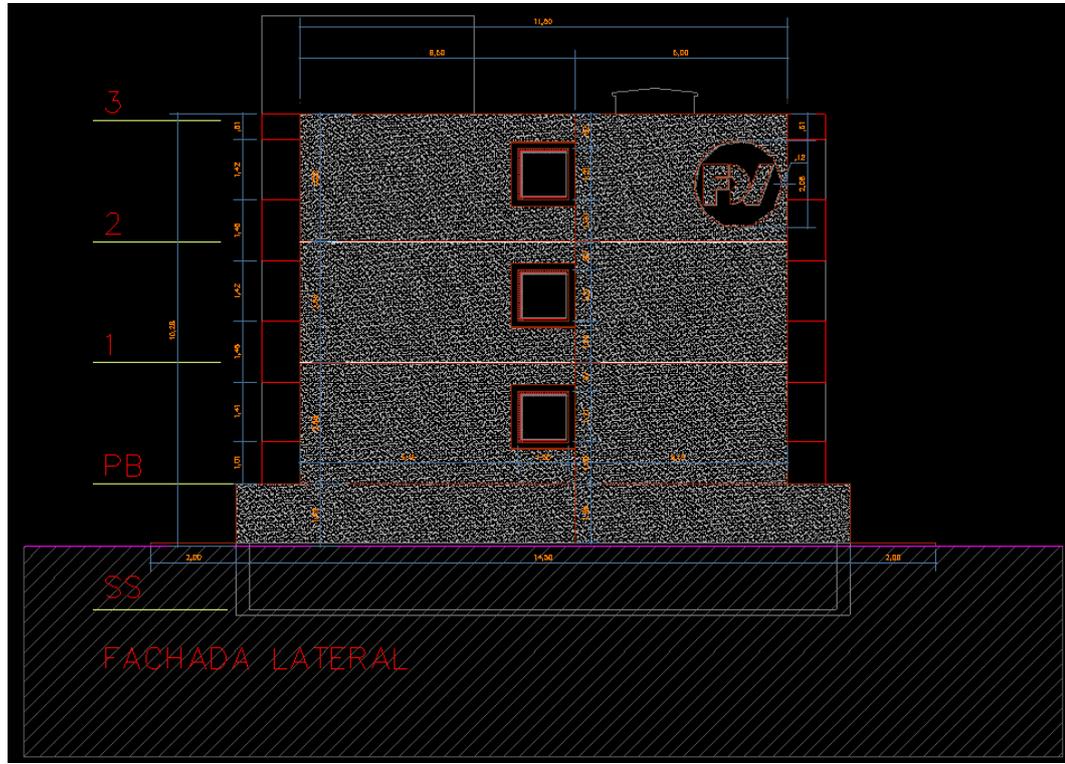


Sección longitudinal.



Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	94/102

Fachada lateral izquierda.

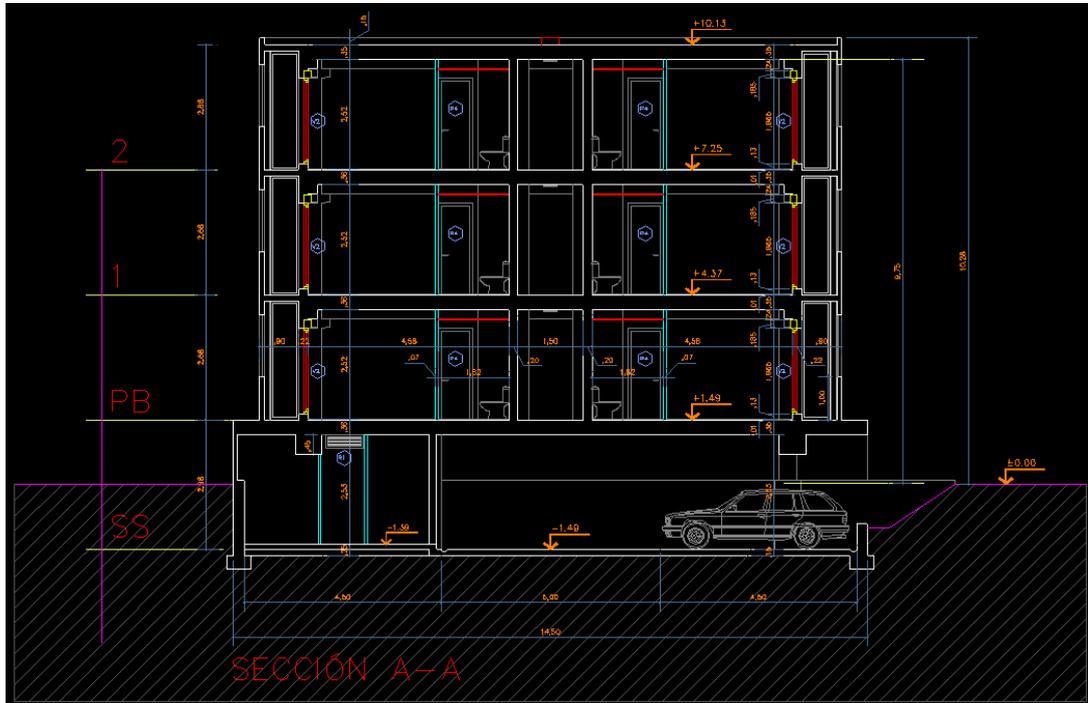


Fachada lateral derecha.

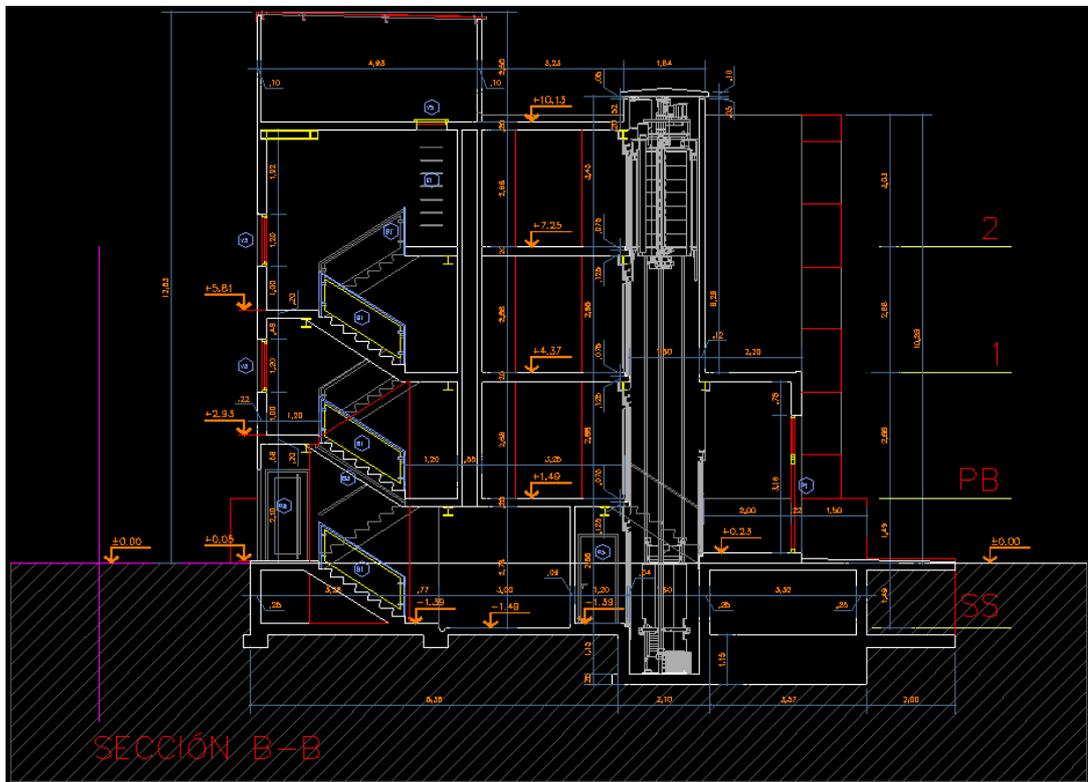


Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	95/102

Sección A-A.

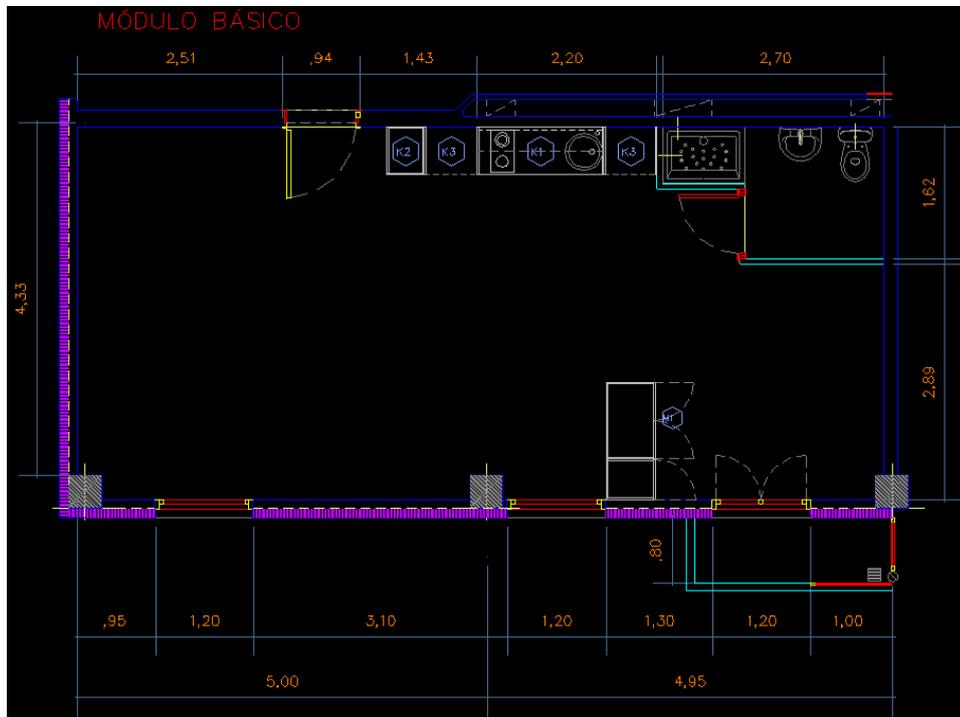


Sección B-B.

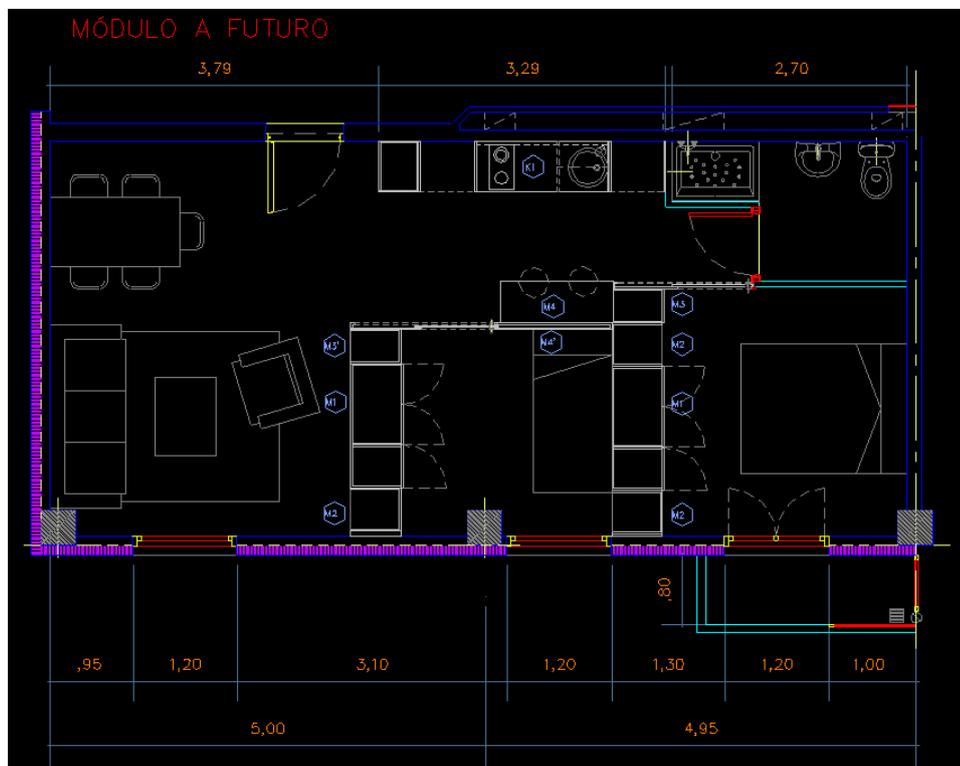


Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	96/102

Módulo Básico.

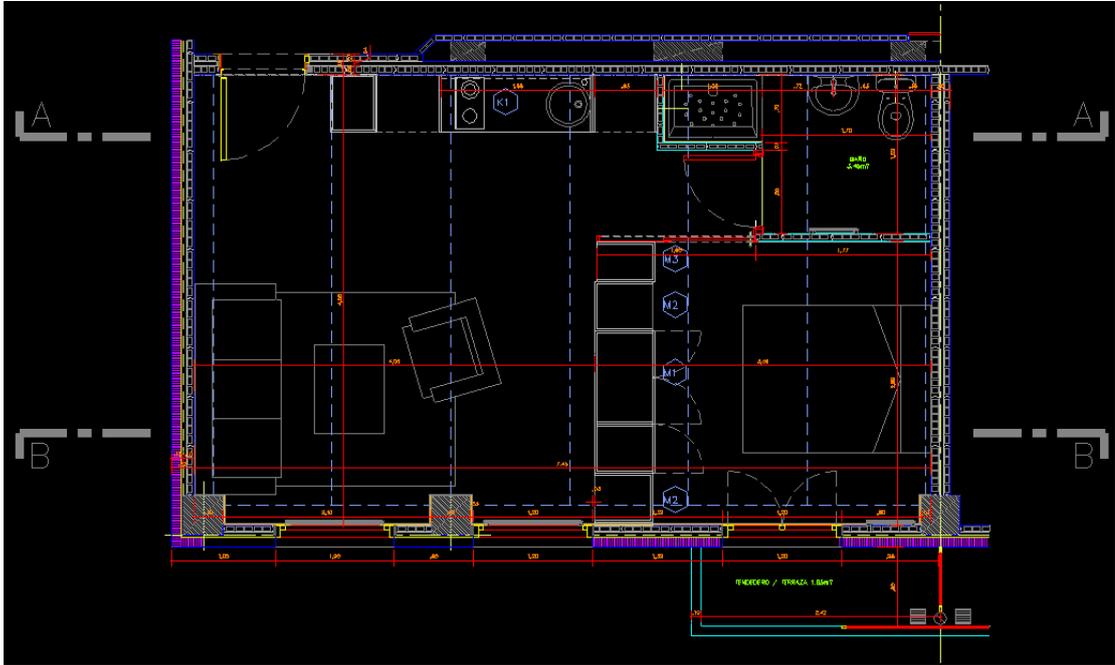


Módulo A Futuro.



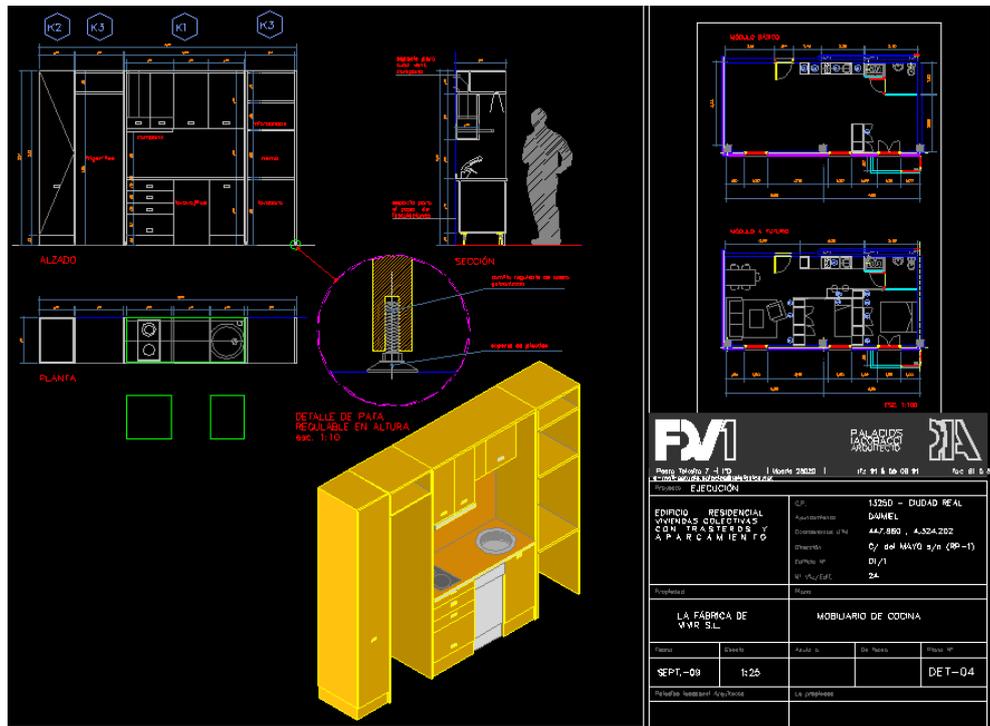
Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	97/102

Módulo B Futuro.



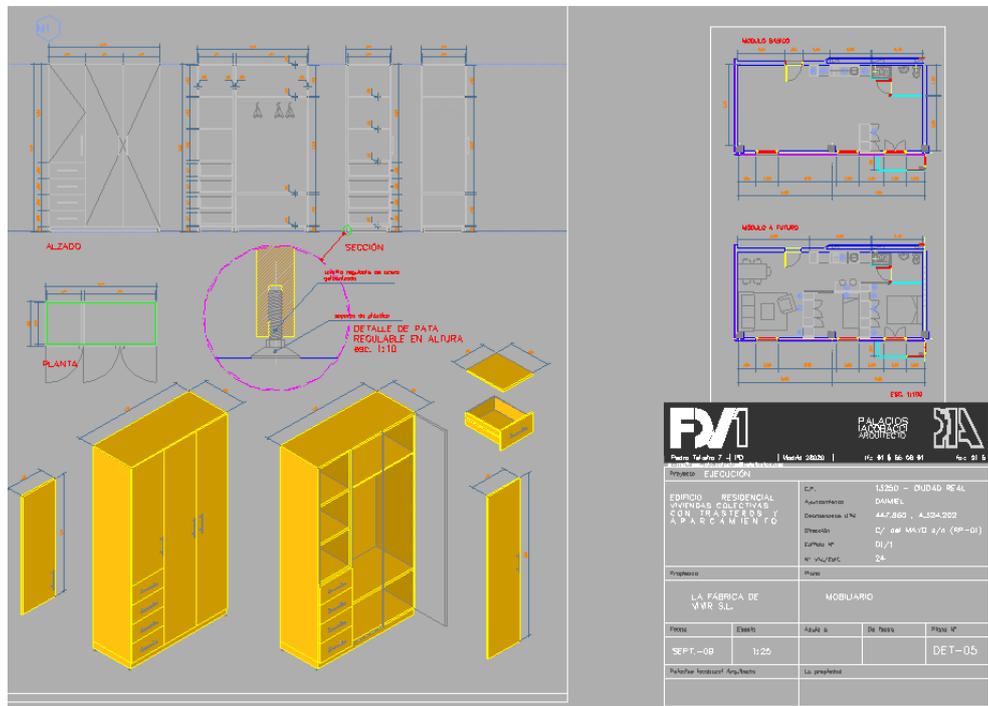
2. Planos Muebles y carpinterías

Muebles FDV - Parte 1.

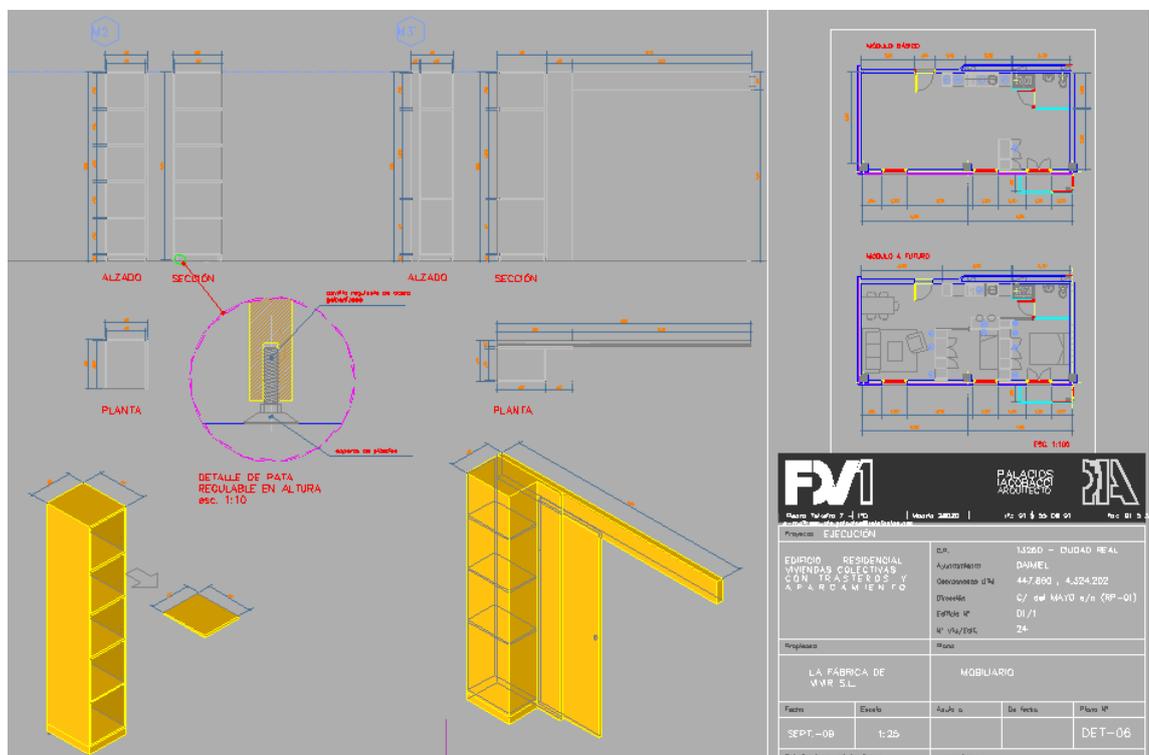


Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	98/102

Muebles FDV - Parte 2.

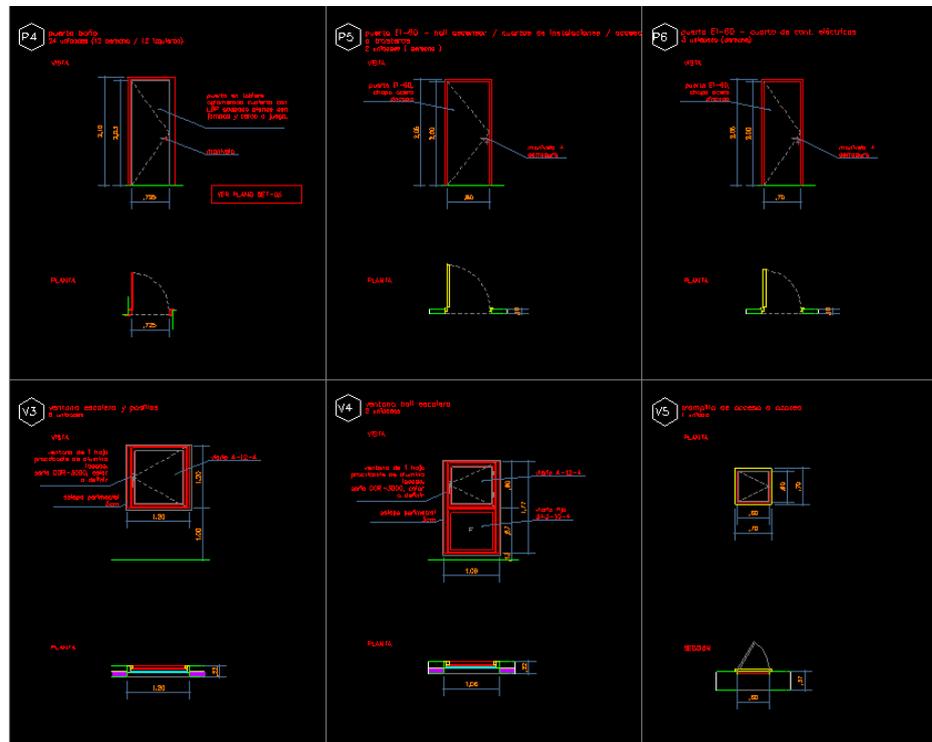


Muebles FDV - Parte 3.

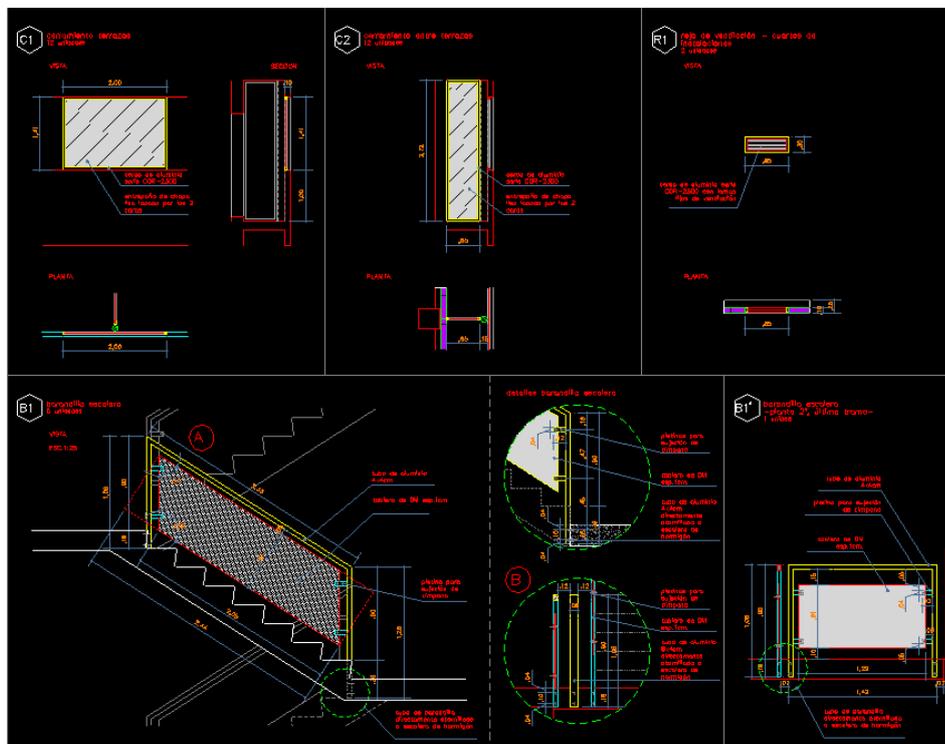


Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	99/102

Carpinterías - Parte 2.

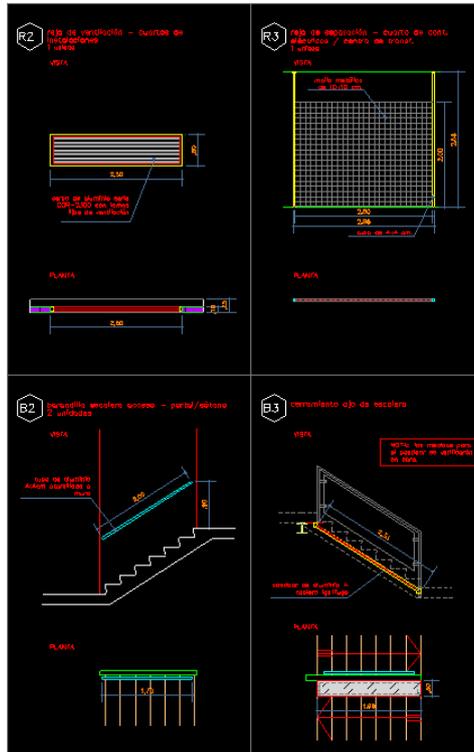


Carpinterías - Parte 3.



Fecha:	Nombre Acrónimo del Documento:	Versión:	Página:
26/03/2010	Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	1.0	101/102

Carpinterías - Parte 4.



R2 r30 de empotrada - curvas de limitaciones
VISTA
PLANTA

R3 r30 de empotrada - curvas de conf. alacena / marco de vidrio
VISTA
PLANTA

E1 visera de vidrio - acceso a acera
VISTA
PLANTA

E2 barandilla acera - parte / alacena 2 unidades
VISTA
PLANTA

E3 contraluz c/a de escalera
VISTA
PLANTA

NOTA:
- todas las medidas se verificarán en obra.

FMA PALACIOS JACOBACC ARCHITECTO

Pedro Tejero 7 - 110 Madrid 28020 | T: 91 6 65 08 91 | Fax: 91 5 59 24 24
www.palaciosjacobacc.com

Proyecto: EJECUCIÓN

EDIFICIO RESIDENCIAL VIVIENDAS COLECTIVAS CON TRASTEROS Y APARCAMIENTO	C.P. 13250 - CIUDAD REAL
	Ayuntamiento DAMIEL
	Coordenadas UTM 447.860 , 4.324.202
	Dirección C/ del MAYO s/n (RP-01)
	Edificio N° 01/1
	N° VIVIENDAS 24

Propiedad: Plano

LA FABRICA DE VIVIR S.L.		PLANILLA DE CARPINTERIAS		
Fecha	Escala	Hoja a	De fecha	Plano N°
SEPT.-09	1:50			CRP-01
Roberto Jacobacc Arquitecto		de propiedad		

Buzón Entrada.



Fecha: 26/03/2010	Nombre Acrónimo del Documento: Memoria del Proyecto de Fin de Carrera MPFC	Versión: 1.0	Página: 102/102
-----------------------------	--	------------------------	---------------------------