Índice General

[1 Modelado de Simulador de Vuelo 3](#_Toc241206406)

[1.1 Introducción 3](#_Toc241206407)

[1.2 Cambio de perspectiva de diseño 3](#_Toc241206408)

[1.3 Descripción del proceso 4](#_Toc241206409)

[1.4 Modelado tridimensional 4](#_Toc241206410)

[1.4.1 Modelado del plano de vuelo 5](#_Toc241206411)

[1.4.2 Texturización del plano de vuelo 6](#_Toc241206412)

[1.4.3 Modelo del avión 3D. Elemento FeedBack. 13](#_Toc241206413)

[1.5 Ubicación de los elementos 14](#_Toc241206414)

[1.5.1 Ubicación del Plano 15](#_Toc241206415)

[1.5.2 Ubicación del Avión 16](#_Toc241206416)

[1.6 Iluminación Simulador de Vuelo 18](#_Toc241206417)

[1.7 Exportación a VRML 19](#_Toc241206418)

[1.8 Integración y animación 22](#_Toc241206419)

[1.8.1 Integración con el interfaz de navegación 23](#_Toc241206420)

[1.8.2 Implementación del movimiento 25](#_Toc241206421)

Índice de Figuras

[Figura 1‑1: Plano principal de vuelo 5](#_Toc241207603)

[Figura 1‑2: Google Maps 6](#_Toc241207604)

[Figura 1‑3: Cuadriculado de la imagen 7](#_Toc241207605)

[Figura 1‑4: Cuadrante B2 8](#_Toc241207606)

[Figura 1‑5: Textura final y detalle de Zoom 9](#_Toc241207607)

[Figura 1‑6: Modelo de avión 3D 12](#_Toc241207608)

[Figura 1‑7: Modelo 3D avión texturizado 13](#_Toc241207609)

[Figura 1‑8: Punto de vista. Vistas Left, Viewpoint (amarilla) y Front. 15](#_Toc241207610)

[Figura 1‑9: Ubicación del plano de vuelo y visualización desde el punto de vista 16](#_Toc241207611)

[Figura 1‑10: Ubicación del avión y visualización 17](#_Toc241207612)

[Figura 1‑11: Iluminación 19](#_Toc241207613)

[Figura 1‑12: Interfaz gráfico (WRML) de navegación 21](#_Toc241207614)

[Figura 1‑13: Integración. Visualización desde el punto de vista 22](#_Toc241207615)

# Modelado de Simulador de Vuelo

## Introducción

En el siguiente apartado se define el proceso de diseño e implementación del mundo virtual que representa un Simulador de Vuelo, o más bien un video juego 3D en el que se gobierna un avión con el objetivo de sobrevolar la ciudad de Málaga.

Para el desarrollo este mundo virtual se cambia la perspectiva de diseño implementada en los dos mundos anteriores, aportando un nuevo enfoque a la creación de mundos virtuales con el objetivo de aproximarse en la mayor medida posible a la realidad tangible que intentan emular.

Una vez terminado el proceso de creación y modelado de este último mundo se ha procedido a su integración con el interfaz BCI de navegación diseñado en el departamento de Tecnología Electrónica de la ETSIT, por lo que ha sido necesario realizar ciertas modificaciones en el software del interfaz (código Matlab), precisamente debido a la nueva perspectiva utilizada en el diseño de este entorno virtual.

## Cambio de perspectiva de diseño

Hasta ahora el diseño de mundos virtuales se ha limitado a la recreación más o menos exacta de recintos reales habituales.

En este sentido, se han reproducido espacios que nos llevan desde la simplicidad de un laberinto de ladrillo, pasando por un parque diáfano, una calle de una ciudad, recintos cerrados como habitaciones o viviendas, hasta entornos mucho más complejos como la propia ETS de Telecomunicaciones de Málaga, como se ha podido ver en capítulos anteriores.

En todos estos entornos virtuales existen unos elementos comunes en cuanto a su modelado y perspectiva de navegación:

1. *En cuanto a la recreación de entornos*: se ha utilizado una composición de formas 3D (cajas, planos, esferas, cilindros, formas más complicadas), que una vez modeladas y agrupadas, proporcionan la sensación tridimensional de encontrarnos en un entorno real.
2. *En cuanto a la sensación de movimiento*: se utiliza un punto de vista (cámara o *view point*) que a través de sus avances, giros y traslaciones dentro del mundo virtual emula el movimiento que en la realidad realizaría la persona física en su exploración del entorno.

Por tanto, la elaboración de este mundo virtual tiene como objetivo ampliar las fronteras en el desarrollo de mundos virtuales diversificándolos, mostrando cómo un cambio de perspectiva a la hora de diseñarlos e implementarlos hace que estos dejen de limitarse a la recreación de recintos conocidos, cerrados o urbanísticos.

De este modo, un sencillo plano correctamente texturizado, la idónea colocación de los elementos en el espacio y de un punto de vista o cámara, pueden recrear la experiencia de sobrevolar toda una ciudad, en este caso Málaga capital.

En los siguientes apartados se profundizará en esta idea mientras se explica el proceso de diseño y modelado junto con los elementos 3D utilizados para el desarrollo de este mundo virtual.

## Descripción del proceso

Antes de comenzar con el modelado del Simulador Virtual de Vuelo propiamente dicho, se listan a continuación las fases necesarias para su implementación.

1. Diseño e implementación del entorno virtual tridimensional.

* Modelado del plano de sobrevuelo.
* Creación de la textura del terreno sobrevolado.
* Texturización del plano de sobrevuelo.
* Optimización de modelos externos utilizados.

1. Ubicación estratégica de los elementos.
2. Exportación a VRML e integración con el interfaz de navegación existente.
3. Desarrollo del software para proporcionar movimiento a la escena.

## Modelado tridimensional

En esta fase del proceso de implementación de la escena virtual se va a crear el entorno propiamente dicho, que como se mostrará más adelante se fundamenta en un plano de dimensiones considerables estratégicamente ubicado en el espacio.

En principio es muy probable que no se entienda el objetivo final, pero poco a poco, conforme se avance en la implementación del mundo virtual, se irá viendo el efecto que se quiere obtener.

### Modelado del plano de vuelo

El plano principal de vuelo es el elemento más importante de este mundo virtual, ya que de hecho es el propio escenario del mundo virtual, y ésta es una de las características más importantes que diferencian este mundo virtual de los anteriores.

Los entornos virtuales previamente descritos a lo largo de este proyecto, constaban de multitud de formas tridimensionales creadas en el proceso de modelado que en conjunto formaban el escenario y recreaban los entornos reales que intentan virtualizar. El proceso de modelado era la piedra angular de estos mundos virtuales, en cambio, el mundo virtual que se describe en este capítulo consta únicamente de un elemento que incluso ni siquiera se puede incluir en el apartado de elemento 3D, ya que como se ha dicho, se trata de un plano texturizado.

Más tarde se verá, como este elemento bidimensional puede, perfectamente, recrear una experiencia virtual tridimensional, pero esto se describirá en el apartado XXXX de este capítulo.

En primer lugar, se crea un plano de grandes dimensiones en 3Ds. Este plano será el que una vez texturizado adecuadamente con una imagen de alta resolución se convertirá en el terreno sobre el que el avión realiza el vuelo.

La forma del plano no tiene que ser cuadrada. De hecho y dadas las características de la textura que más tarde se le aplica, su forma es rectangular. Las dimensiones que se han escogido para el modelado de este plano son de 100 unidades de ancho y 200 de largo. Como se muestra en la figura XXX, el plano se sitúa sobre el plano YX, correspondiendo la dirección del lado más largo del rectángulo a la dirección ‘y’ del eje de coordenadas.

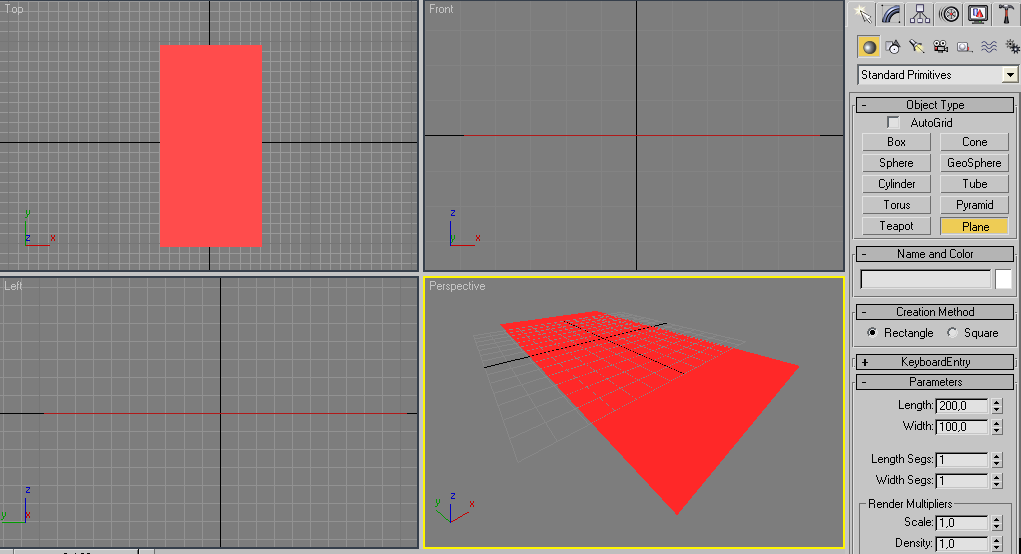


Figura ‑: Plano principal de vuelo

Una vez más se ha utilizado la herramienta de 3ds *Standard primitives/Plane*, para confeccionar el plano, y a la derecha de la imagen se visualizan las dimensiones que se han utilizado para el mismo.

Al pretender recrear la sensación de sobrevolar la ciudad de Málaga, es decir, que el avión realice sus giros, ascensos y descensos en el mundo virtual, es necesario que los márgenes del plano nunca sean visualizados. El avión nunca puede sobrepasar los lados que forman y limitan el plano, es más, en ningún caso, en la pantalla de visualización, pueden mostrarse los límites del plano, ya que si fuera así se estaría literalmente ‘saliendo’ del mundo virtual propiamente dicho.

Es por esta razón y con el objetivo de lograr el mayor efecto de realismo posible por lo que surge la necesidad de utilizar como base una imagen de amplias dimensiones con una alta resolución. La utilización de esta imagen transformada en textura nos ofrece la posibilidad de acercarnos más aún a la realidad que representamos provocando en el usuario una mayor sensación de tener ante sí un mundo material.

### Texturización del plano de vuelo

Como se ha descrito, el mundo virtual presentado en esta ocasión principalmente consta de un único plano a partir del cual se recreará el simulador de vuelo. Para lograr el ansiado efecto de realismo en el escenario virtual uno de los pasos más importantes es lograr una adecuada texturización de dicho plano. A continuación se describe el proceso de creación de la textura que dará precisión a nuestra escena virtual.

#### Confección de la imagen de textura

Confeccionar la imagen es el primer reto que ha sido necesario solventar para conseguir que el mundo virtual sea lo más atractivo y real posible.

La imagen debe representar la ciudad de Málaga. El fin último debía ser encontrar una imagen con la resolución suficiente como para hacer *zoom* sobre el terreno hasta acercarnos a pocos metros de la superficie sin perder nitidez y que al mismo tiempo nos posibilite realizar un *zoom back* hasta visualizar la ciudad desde una perspectiva global.

Ante la imposibilidad de encontrar una imagen predefinida con las características mencionadas, se ha recurrido a la conocida herramienta de Google: Google Maps. Esta aplicación como es bien sabido, proporciona la capacidad de navegar desde su vista ‘satélite’ sobre cualquier ciudad. Además para ciudades importantes o capitales de provincia, el detalle que consigue y el *zoom* que se puede obtener sobre una parcela de terreno concreta es bastante adecuado en cuanto a calidad.

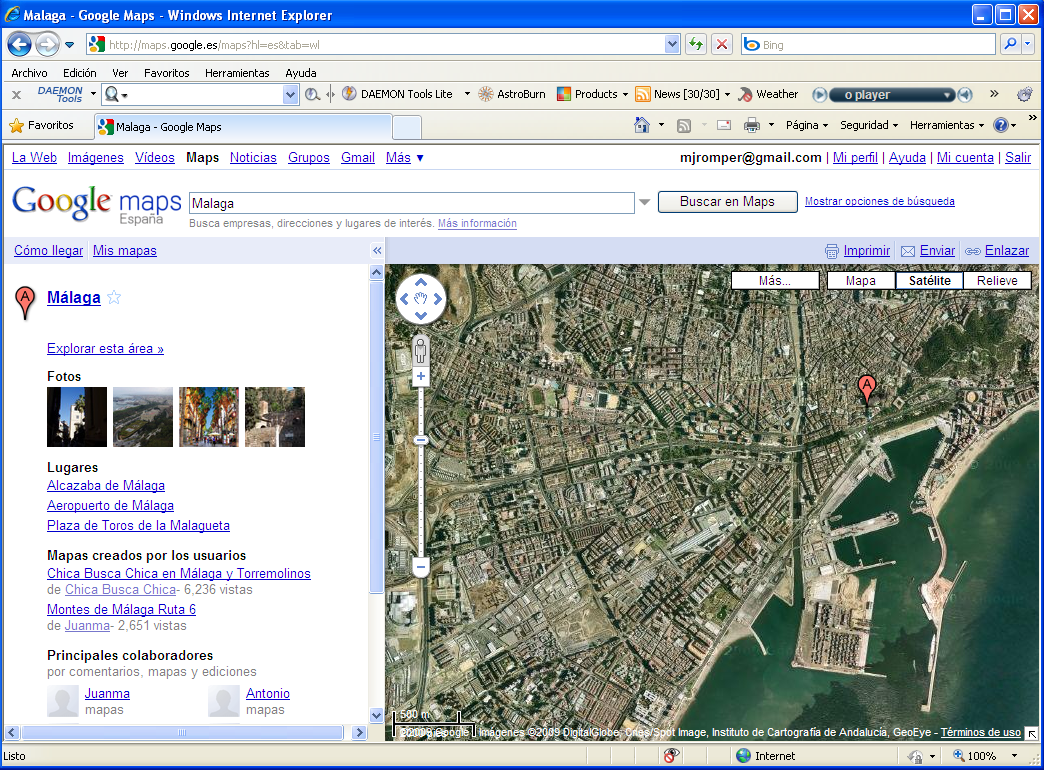


Figura ‑: Google Maps

Ha sido necesario cuadricular la porción de terreno que se quería obtener como textura que representa la ciudad que se quiere sobrevolar (Málaga), con el objetivo de realizar capturas de pantalla de las zonas limitadas en la cuadrícula como se muestra en la figura XXXX, con la resolución suficiente con el objetivo de que a la hora de realizar *zoom* (equivalente a un descenso del avión), no se viese mermada la resolución de la porción de terreno ofreciendo una calidad de detalle adecuada.

En la siguiente imagen se puede observar de manera aproximada cómo se ha realizado el cuadriculado de la porción de terreno elegida como representativa de la ciudad de Málaga. Como se observa se ha divido en 60 cuadrantes. Cada uno de ellos aproximadamente tiene una resolución equivalente a sobrevolar la porción de terreno a unos 500 pies de altura como muestra la escala que Google Maps proporciona.



Figura ‑: Cuadriculado de la imagen

De esta manera, por ejemplo, la porción de terreno correspondiente al cuadrante numerado B2 corresponde a la figura siguiente. En ella se aprecia el nivel de detalle y resolución que se pretende conseguir para garantizar un *zoom* apto sobre el terreno.



Figura ‑: Cuadrante B2

Posteriormente, se realiza un montaje en el que se procede a la unificación de todas las capturas correspondientes a cada uno de los cuadrantes, componiendo la textura final completa. En este punto se ha tenido especial cuidado para hacer casar los límites de cada cuadrante con los de sus circundantes, evitando saltos abruptos y discontinuidades en la orografía del terreno.

Como se describirá más adelante en el apartado ‘Texturización del plano de vuelo’, es conveniente que la textura final tenga un carácter cíclico, es decir, debe empezar y terminar de la misma manera por cada uno de sus lados. Esto es imposible de conseguir para todas las direcciones del plano, pero sí se puede lograr realizando un reflejo a modo de espejo de la textura y adosándoselo a la que ya teníamos consiguiendo una textura simétrica. Por tanto con este proceso se obtiene una sensación cíclica al menos en la dirección transversal de la textura.

La imagen final que nos sirve de textura para el plano de vuelo y que hace las veces de terreno que se sobrevuela se muestra en la siguiente imagen. Se observa también como al hacer *zoom* sobre la textura creada se puede conseguir visualizar como ejemplo, la ETS de Telecomunicación o el campo de fútbol de la Rosaleda con un detalle muy oportuno.



Figura ‑: Textura final y detalle de Zoom

Como comentario final, decir que esta imagen, dada su alta resolución, se comprime en formato JPG pesando unos 4,5 MBytes. Este punto es muy importante ya que a mayor tamaño de la textura mayor velocidad de proceso y memoria es necesaria en la máquina que realiza la simulación del entorno virtual. El mundo virtual al visualizarse se carga en memoria RAM, por tanto cuanto mayor es el tamaño y número de texturas que se utilizan en él, mayor memoria y capacidad de proceso es requerida, de ahí que sea conveniente que las imágenes que se utilizan como texturas tengan el menor peso en megabytes posible.

#### Texturización del plano de vuelo

El siguiente paso en el proceso de modelado del simulador de vuelo es la texturización del plano de vuelo.

Se puede pensar que la mejor manera para texturizar el plano es simplemente colocar la textura sobre él, de forma que los vértices de la textura coincidan con los vértices del plano, ocupando de este modo, toda la superficie.

Efectivamente es posible realizarla así, no obstante para extraer mayor partido a la textura que se ha creado, se va a seguir un proceso de texturización un poco más complejo, aprovechando el carácter cíclico que se le ha proporcionado a la textura.

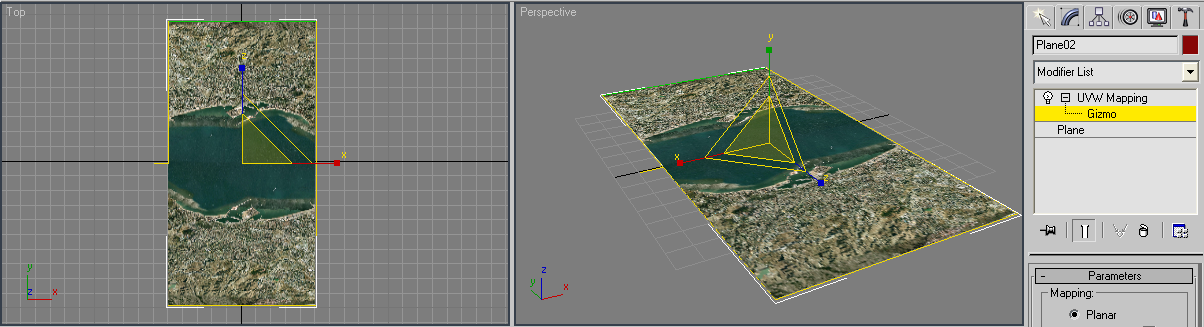
Se explica a continuación por qué se ha dotado a la textura de un carácter cíclico, y cómo se ha utilizado.

En los mundos implementados en los capítulos anteriores la sensación de movimiento y navegación a través del mundo virtual se realiza efectuando desplazamientos sobre el “punto de vista” o “*view point*”. El “*view point*” es una cámara que hace las veces de ojo humano, que se desplaza y rota en el espacio tridimensional, proporcionado la sensación de actividad en el interior del mundo virtual.

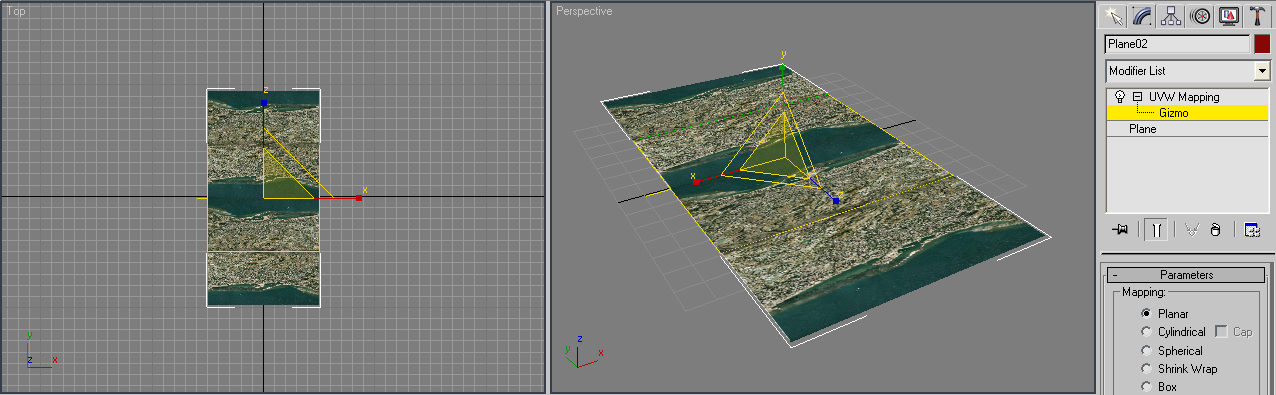
En cambio, en el entorno que ocupa este capítulo, no se realizan desplazamientos ni giros sobre el punto de vista, sino que la sensación de movimiento y navegación se consigue desplazando la textura cíclicamente sobre el plano que texturiza, manteniendo el punto de vista fijo durante toda la simulación. Este es el por qué de la conveniencia de una textura cíclica, al menos en una dirección.

En este sentido, lo que se hace es texturizar en primera instancia la superficie del plano, pero aprovechando la ciclicidad de la textura. El proceso que se ha realizado, utilizando 3ds para realizarlo, se describe a continuación:

1. Se texturiza la superficie del plano de manera que la textura se aplique automáticamente sobre él.

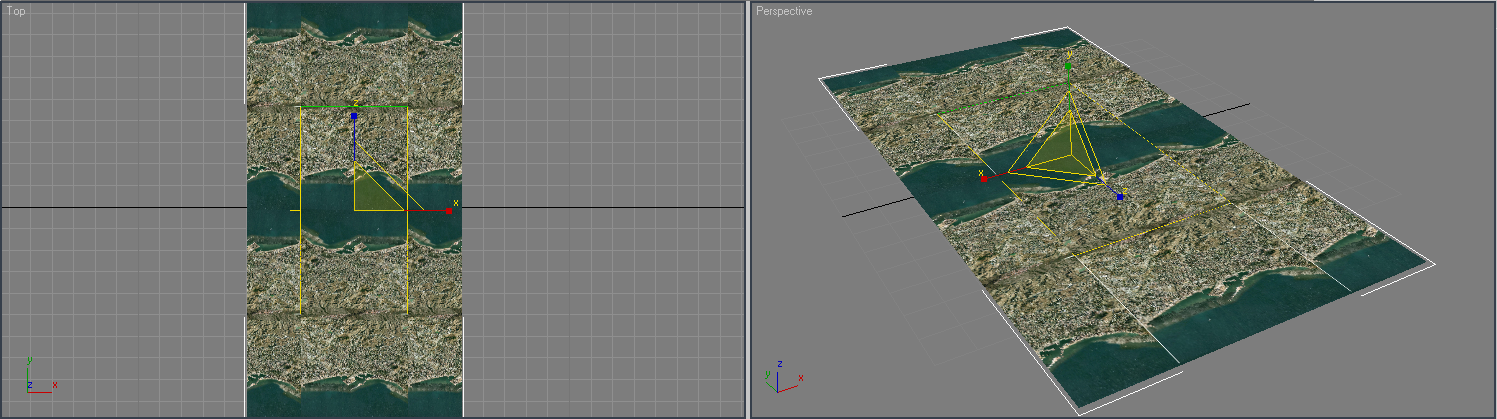


1. Se aplica el modificador “*UVW Mapping*” al plano, con el parámetro “*Mapping*” en “*Planar*”. De esta manera se asegura que la textura se aplica al plano, de forma que los vértices de la textura correspondan con los vértices del plano, ocupando así la textura toda la superficie del plano.
2. Seguidamente con la herramienta de escalado reducimos el “*Gizmo*” de la textura. El *Gizmo* es la región cuadrangular (cuadrado amarillo) sobre la que la textura se está aplicando físicamente, o en términos 3D, donde se realiza el mapeado punto a punto de la textura. Fuera de la zona que limita el *Gizmo*, la textura se aplica cíclica y repetidamente. Reducimos el *Gizmo* en la dirección ‘z’, obteniendo una texturización como se muestra.



Como se observa se repite la textura en la dirección ‘z’, fuera de los límites del *Gizmo*.

1. Se hace lo mismo para la dirección ‘x’, reduciendo el *Gizmo* de esta dirección y observándose como la textura también se repita cíclicamente. En esta dirección se está aprovechando la ciclicidad que tiene la textura.



Se observa en esta última imagen como el *Gizmo* sólo ocupa la parte central del plano que se ha texturizado, manteniéndose la forma original de la textura dentro de él. Además si se solapasen cuatro planos, como el que se muestra, cada uno de ellos adosado a cada lado del plano que se ha creado, se puede comprobar el carácter cíclico que tiene el plano modelado.

Los desplazamientos, que no escalados, de la textura sobre el plano aportan la sensación de movimiento y cuando la textura se pierde por uno de los lados, aparece por el lado opuesto cíclica y automáticamente. Esta facilidad a la hora de aplicar y desplazar texturas es la causante de que con un solo plano tengamos todo un escenario infinito por el que el usuario puede experimentar la sensación de volar.

Los mecanismos de desplazamiento de la textura sobre el plano se realizan mediante un procesado Matlab del mundo virtual exportado a lenguaje VRML. En los epígrafes (XXX) posteriores volveremos sobre este punto, detallando el tipo de desplazamientos y cómo se realizan para hacer experimentar al usuario la sensación de vuelo panorámico sobre la orografía malagueña.

### Modelo del avión 3D. Elemento FeedBack.

En este mundo virtual se ha optado por incorporar un modelo 3D de un avión. De esta forma, la experiencia de sobrevolar la ciudad no se realiza en primera persona, sino que es a través de los movimientos de un tercero (el modelo 3D del avión), de sus movimientos, giros, ascensiones y descensos, como se represente la experiencia de este mundo virtual. Por tanto el avión es el elemento “*feedback*” en el que se traduce la interpretación de señales que realiza el sistema BCI con el que se integrará este escenario virtual.

En definitiva este mundo virtual puede asemejarse a un pequeño juego, en el que el usuario controla un pequeño avioncito que vuela sobre la ciudad.

Existen multitud de diseñadores amateur que cuelgan sus modelos 3D en Internet, para su libre descarga, con el objetivo de divulgar sus modelos desarrollados. Utilizando esta alternativa y puesto que el objetivo de este proyecto no se centra en el modelado de formas complejas y altamente detalladas, se ha utilizado el modelo 3D de un aeroplano como el que se muestra en la siguiente figura.

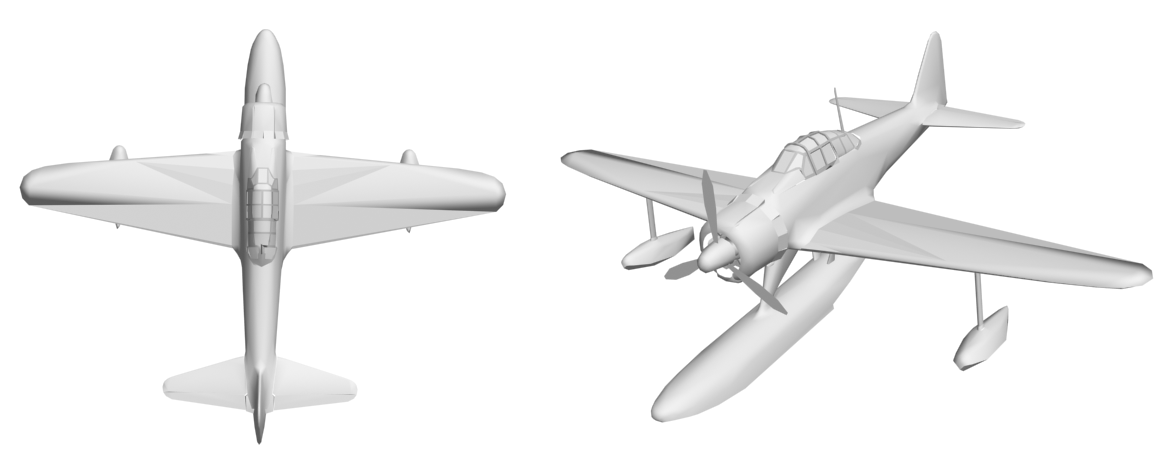


Figura ‑: Modelo de avión 3D

No obstante el modelo ha sido modificado y optimizado reduciendo el número de polígonos y texturizándolo:

* Reducción del número de polígonos, ya que al tratarse de un modelo original muy detallado, el número de polígonos utilizados en su implementación es muy elevado. Por tanto se le ha aplicado un modificador de optimización en 3ds (modificador *Optimize*), con el objetivo de, manteniendo su forma original, reducir el número de polígonos.

Esto es muy necesario al utilizar modelos complejos. La escena virtual es al final renderizada en tiempo real, utilizando OpenGL o DirectX como motor de renderizado y pintado de la escena. Cuanto mayor sea el número de polígonos mayor uso de CPU y tarjeta gráfica será necesario para realizar el renderizado de la escena en tiempo real.

Además hay que tener en cuenta cómo va a ser la visualización del modelo. Es muy probable que no necesitemos el modelo completo del aeroplano, debido a que únicamente se va a visualizar desde un punto de vista concreto, por tanto todos los polígonos que no sean necesarios, ya que nunca se van a observar, pueden ser perfectamente suprimidos del modelo.

* Re-texturización del modelo. El modelo original, aunque muy detallado en cuanto al modelado tridimensional, carecía de texturas. Por tanto se le han aplicado texturas que aunque son sencillas (sólo se han utilizado colores lisos) otorgan al modelo del aeroplano del un mayor realismo. Se puede observar en la siguiente figura.

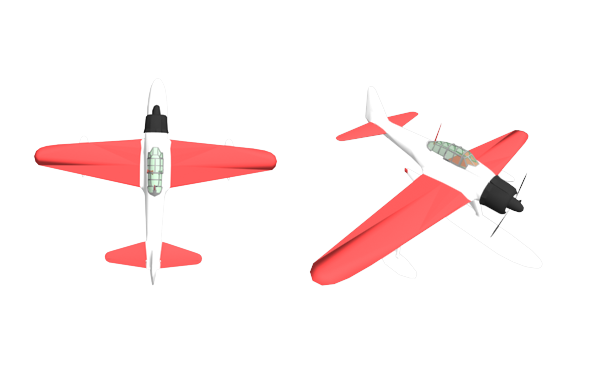


Figura ‑: Modelo 3D avión texturizado

## Ubicación de los elementos

El siguiente paso en el proceso de creación del Simulador de Vuelo es la colocación estratégica en el espacio de cada uno de los elementos de los que consta.

Este epígrafe describe cómo han de ser situados en el espacio los elementos 3D modelados, colocando unos respecto a otros con el objetivo de caracterizar la escena de la manera más próxima a la realidad para el espectador:

* De cómo se sitúe el plano respecto al punto de vista (o *view point*) dependerá el grado de profundidad que se le aportará finalmente a la escena.
* De cómo se sitúe el avión respecto del plano dependerán la sensación de estar volando sobre la ciudad de Málaga, la velocidad de vuelo, la capacidad de giro, la altura del vuelo, etc.,…

### Ubicación del Plano

Como se verá en el epígrafe de integración con el interfaz de navegación del sistema BCI existente en el DTE de la ETSIT (XXX), el punto de vista o cámara que hace las veces de espectador y desde el cual se observa el mundo virtual, viene impuesto por el propio interfaz de navegación con el que se integra el Simulador de Vuelo.

Este punto de vista tiene las siguientes coordenadas en el espacio: X = 0, Y = 0 y Z = 1.1. Es decir, se sitúa en el origen de coordenadas en el plano XY y se eleva 1.1 unidades en el eje Z.

Además el objetivo del punto de vista esto es, la dirección de observación, se orienta en dirección Y, de manera que si a 100 unidades de distancia colocamos un ‘tetera’ se conseguiría observar la misma como se muestra en la parte superior derecha de la siguiente figura (recuadrada en amarillo).

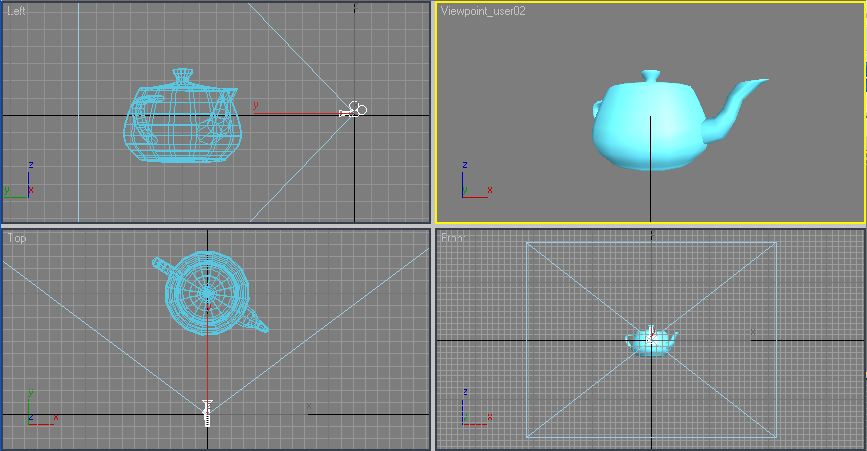


Figura ‑: Punto de vista. Vistas Left, Viewpoint (amarilla) y Front.

El objetivo es colocar el plano justo delante del punto de vista, pero con ciertos matices.

Como sabemos el plano está texturizado con una imagen tomada a vista de pájaro de la ciudad de Málaga o lo que es lo mismo, la textura representa la vista de planta de la ciudad, es decir, cómo se observará desde la perpendicular, de arriba hacia abajo, el terreno. Esta característica de la textura no es muy adecuada para proporcionar a la escena un buen nivel de realismo, ya que la textura en sí no tiene aspectos de profundidad o incluso relieve.

Para conseguir este efecto de profundidad se ha procedido a la colocación del plano frente al punto de vista, pero no de forma perpendicular a la dirección de visionado (objetivo de la cámara), sino con cierto grado de inclinación, para otorgar a la escena los indispensables valores de profundidad y relieve del terreno.

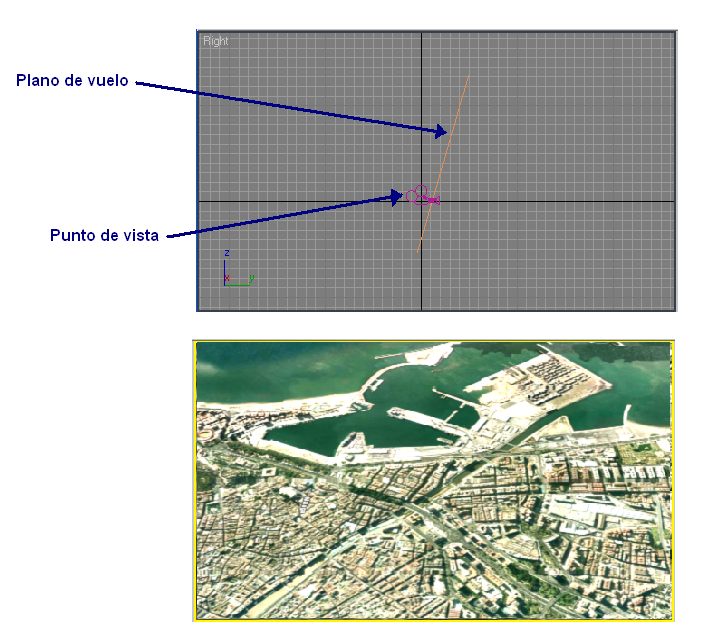


Figura ‑: Ubicación del plano de vuelo y visualización desde el punto de vista

### Ubicación del Avión

El avión, como cabe esperar y para que se encuentre en la zona de visualización, se sitúa entre el punto de vista y el plano de vuelo, brindándonos así la simulación de sobrevuelo del terreno.

Como el plano está inclinado respecto a la dirección de visualización y dado que el avión debe situarse aproximadamente en paralelo al plano, el avión debe adoptar una inclinación similar a la del plano.

En la siguiente imagen se muestra el resultado de incluir el avión en la escena.



Figura ‑: Ubicación del avión y visualización

Se puede observar que las dimensiones del avión son bastante reducidas. Esto es producto de dos razones principales:

1. El avión es la proyección del usuario real en el mundo virtual convirtiéndose en protagonista de las acciones que en él acontecen. Es imprescindible por tanto que esta figura se sitúe cercana al objetivo del punto de vista para que el usuario perciba la actividad en primera persona.

Al situar el aparato tan cerca del objetivo sus dimensiones deben ser las suficientes para que se reconozca en contraste con el entorno pero sin olvidar que la figura debe ocupar el menor espacio posible dentro del área de visionado ya que si sus medidas fuesen cercanas al tamaño del área proporcionado por el ángulo de visión, estaríamos impidiendo la correcta visualización del terreno e incluso fomentando una visibilidad nula.

1. Para recrear los movimientos del avión y en especial el descenso, es necesario disponer de amplias posibilidades de *zoom* sobre el terreno. Este efecto de pérdida de altura se consigue acercando el plano hacia el avión respetando las proporciones. De ahí que cuanto menores sean las dimensiones del avión mayor será el margen de *zoom* que podremos recrear en nuestro entorno sin que el avión pierda calidad de visionado y evitando que incluso quede oculto tras el plano de visión de vuelo.

En resumen, lo que hemos realizado a lo largo de los epígrafes anteriores es el modelado 3D de los elementos que componen el entorno virtual, la texturización y ubicación estratégica de los mismos.

Los elementos que hasta ahora componen la escena son:

* El plano de vuelo, con la textura asignada.
* Un modelo 3D de un avión, obtenido ya modelado, que se ha optimizado y texturizado.

Notamos que aún no tenemos punto de vista en la escena. Éste se incluye al realizar la integración con el interfaz de navegación que se detalla en el epígrafe XXXX, que de por sí incluye el propio punto de vista que necesita la escena para ser visualizada. El punto de vista que se ha utilizado mientras se realizaba el modelado ha sido incluido únicamente para el propio modelado.

Con este punto se concluye el modelado tridimensional estático de este mundo virtual, y todo se recoge en un fichero de 3DStudio, con extensión “.max”.

Los siguientes pasos serán la exportación a VRML para ser tratado en Matlab, y las labores de integración con el interfaz de navegación y desarrollo de algoritmos en Matlab para animar el mundo virtual y conseguir el movimiento necesario en la escena para recrear la sensación de estar realizando un recorrido aéreo sobre la ciudad.

## Iluminación Simulador de Vuelo

En el simulador de vuelo al tratarse de un mundo virtual geométricamente sencillo, compuesto únicamente de un plano texturizado, solo es necesario iluminar el plano con la luz suficiente para producir su visualización.

En este caso la luz no puede ayudar más a visualizar el mundo de manera más real. La textura que se ha aplicado al plano es la encargada de aportar la impresión de volumen al terreno, y es la calidad de la imagen de textura la que aporta a la visualización la pérdida del carácter sintético, debido a que la imagen de textura es por sí sola una composición fotográfica de capturas reales del terreno que se sobrevuela.

Hay que tener en cuenta que el modelo del avión, *feedback* de la intención del observador, también debe ser visible.

Por todos estos motivos es suficiente colocar una fuente de luz tipo “*DirectionalLight*” (*Free Direct* en 3dStudio), ubicada a la suficiente altura, que irradie luz con un haz de rayos paralelos en dirección perpendicular al plano de vuelo, de forma que todos los prismas de la escena se iluminen por igual.

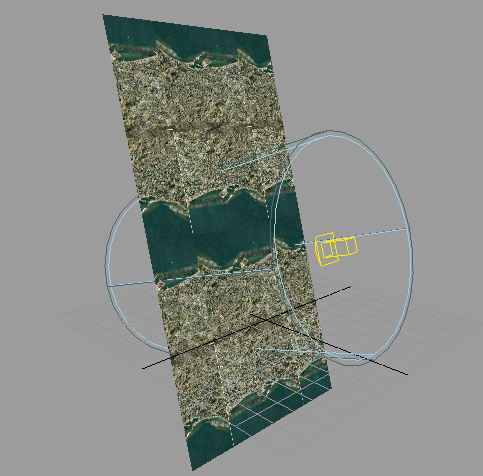


Figura ‑: Iluminación

## Exportación, Integración y Animación

FALTA EXPORTACIÓN.

Una de las partes que incluye este mundo virtual, al igual que se ha realizado con los mundos modelados anteriormente, es la integración con el sistema interfaz de navegación existente y desarrollado por el Departamento de Tecnología Electrónica.

La integración con el interfaz, en los mundos virtuales descritos en los capítulos anteriores, era casi inmediata ya que lo único necesario era incluir el nodo VRML “silla de ruedas”, que incluye el punto de vista del espectador. Los movimientos en el interior de la escena se delegan a este interfaz, que es capaz de proporcionar órdenes a la “silla”.

Es decir, en esos casos la experiencia de navegación a través de la escena virtual, bien la Vivienda Virtual o la ETSIT Virtual, se realizaba aportando movimiento al nodo “Silla” que realiza las funciones de *feedback* al obedecer y plasmar las ordenes del sistema BCI realizando los desplazamientos y giros interpretados tras el procesamiento del sistema de captura de señales EEG.

Los elementos 3D que componen el mundo virtual, tanto en el caso de la vivienda como en el de la ETSIT, permanecen siempre inmóviles, siendo el punto de vista, adosado al nodo VRML “Silla” el que emula la sensación de movimiento en la escena.

En el caso del Simulador de Vuelo, la integración con el interfaz de navegación es algo más compleja, debido a que son los propios elementos de la escena, y a través de modificaciones sobre los mismos, los que hacen que la escena tome vida y movimiento.

La integración con el sistema de navegación existente necesita de dos etapas fundamentales:

1. Integración con el interfaz de navegación con el que se integra el mundo virtual, y que lleva adosado el punto de vista del espectador.
2. Implementación de algoritmos y métodos en código Matlab, para realizar los movimientos sobre los elementos 3D que componen el Simulador de Vuelo, es decir, sobre el modelo del avión y el plano de vuelo.

### Integración con el interfaz de navegación

El interfaz de navegación existente y con el que se integra el mundo virtual del Simulador de Vuelo consta de tres elementos que se agrupan bajo un mismo elemento o nodo VRML, los tres elementos son:

* Áreas de selección de movimiento de navegación: se puede realizar la toma de cada una las siguientes opciones de movimiento:
  + Ascensiones: el avión toma altura en su vuelo sobre la ciudad.
  + Giros a la derecha del avión.
  + Descensos: O lo que es lo mismo, pérdida de altura de vuelo.
  + Giros a la izquierda del avión.
* Barra indicadora del nivel de concentración del sujeto

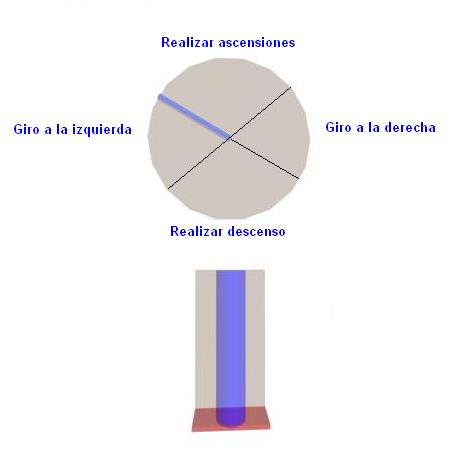


Figura ‑: Interfaz gráfico (WRML) de navegación

En el proceso de selección de una opción una barra va recorriendo, en sentido horario, las cuatro áreas que componen el círculo de selección de opción, mientras la barra de concentración indica el nivel de concentración en la toma de cada una de las opciones. En el momento en que el individuo alcanza un umbral de concentración determinado, el entorno virtual lo interpreta y realiza las modificaciones necesarias en sus elementos 3D para simular el movimiento que determina la opción elegida.

Una vez que disponemos del mundo virtual del Simulador de Vuelo bajo el estándar VRML, para integrar el interfaz de navegación es necesario incluir en el código fuente VRML del Simulador de Vuelo el nodo VRML que modela el interfaz de navegación.

Esto último se lleva a cabo abriendo el fichero VRML del Simulador de Vuelo en un editor de texto e incluyéndole el nodo VRML que diseña el interfaz de navegación.

Si se ejecuta el Simulador de Vuelo con el visor de entornos VRML Cortona3D Viewer se puede observar el resultado tras la integración con el interfaz de navegación desarrollado en el DTE.



Figura ‑: Integración. Visualización desde el punto de vista

### Implementación del movimiento

El Interfaz con el que se ha integrado el Simulador de Vuelo, al interpretar una de las elecciones de movimiento, como se ha explicado anteriormente, lo que realiza son desplazamientos del punto de vista.

En el caso de este mundo virtual al interpretar una opción de navegación, el movimiento de la escena no se consigue simulando los desplazamientos sobre el punto de vista, sino que son los propios elementos de la escena los que se mueven, mientras el punto de vista debe permanecer en todo momento inmóvil. De esta manera se describe a continuación cómo se ha implementado cada una de las cuatro opciones de navegación que soporta el interfaz con el que se ha realizado la integración.

Antes de nada hay que tener en cuenta que el avión nunca puede estar parado en el aire ya que en caso contrario los pasajeros sufrirían un grave accidente. Esta circunstancia hace que aunque no se haya tomado alguna de las opciones de navegación, el avión siga avanzando, sobrevolando el terreno en la dirección actual y en línea recta. Lo primero que se debe explicar es cómo se recrea esta situación con los elementos de que disponemos.

Como se explicó en el epígrafe XXX, la recreación de la sensación del avión sobrevolando el terreno, no se realiza mediante un desplazamiento de avance del modelo 3D del avión sobre el terreno, ni desplazamientos del punto de vista del observador, sino que es el propio terreno (textura del plano) el que se desplaza, permaneciendo en todo momento el modelo del avión y el punto de vista inmóviles en sus coordenadas originales.

1. **Avance continuo del avión**

Se consigue realizando el desplazamiento de la textura, más bien del *Gizmo* que la representa, en dirección –Y del eje de coordenadas. Esta dirección en realidad es contraria al avance natural que tendrían que realizar el avión y el punto de vista, pero la sensación final es la misma, es decir, parece que es el avión el que está avanzando, y en realidad lo que avanza es el terreno pero en sentido contrario.

FOTO CON UNA SECUENCIA DEL MOVIMIENTO DE LA TEXTURA Y LA SENSACIÓN QUE SE CONSIGUE

Los cambios necesarios a nivel de implementación de código Matlab han requerido que en las líneas de código en las que se realizaban movimientos del punto de vista en el Interfaz existente, ahora lo que se haga sea el desplazamiento de la textura en la dirección que se ha detallado. Se ha implementado un método Matlab, llamado “*goAhead*”, para llevarlo a cabo y este método se ejecuta en todo momento siempre y cuando no se haya tomado alguna de las opciones de navegación. El código necesario para esta implementación se muestra en el APENDICE XXX.

1. **Giro a la derecha o izquierda**

Estas opciones de navegación se simulan realizando movimientos diagonales de la textura en la dirección contraria al movimiento natural que se pretende conseguir. Además en estos casos, el propio modelo del avión también se modifica, dotando de un movimiento de rotación a su eje longitudinal en la dirección del giro que se haya seleccionado. Es decir, el avión sigue literalmente inmóvil en la escena, permaneciendo en las coordenadas originales, pero se rota su eje hacia la derecha o izquierda según se haya elegido un giro u otro, dotando a la escena de mayor realismo a la hora de recrear cada uno de los movimientos. En realidad la textura avanza y el avión rota y la sensación se aproxima a un giro y avance natural tal y como lo haría un avión real.

La siguiente secuencia de imágenes plasma el resultado

1. **Ascensos y descensos**

En este caso la textura debe de seguir avanzando tal y como se describe en el punto 1, pero además entra en juego la ubicación del plano de vuelo al que se le aplica la textura. Si se desplaza paulatinamente el plano en dirección –Y, lo que se está haciendo es alejar el plano del avión, por tanto se experimenta la sensación de ascender el vuelo y alejarnos del terreno.

Si, por el contrario, se desplaza el plano en dirección Y, se está acercando a la posición donde permanentemente se localiza el avión y punto de vista, y se consigue así la sensación de estar descendiendo.

Si además se acompañan estos desplazamientos del plano texturizado con la rotación del eje transversal del avión simulando que levanta unos grados el morro en los ascensos y lo baja en los descensos, se consigue así la experiencia completa de estar realmente efectuando cada uno de los movimientos.

Se puede observar el efecto conseguido en la siguiente secuencia de imágenes.