



UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

PROYECTO MAXINE:

ANIMACIÓN MEDIANTE

“MOCAP” DE PERSONAJES 3D

-PROYECTO FINAL DE CARRERA-

INGENIERIA TÉCNICA EN DISEÑO INDUSTRIAL



Autor: Raúl Ordax de las Heras

Directores: Eva Cerezo Bagdasari

Francisco José Serón Arbeloa



Escuela Universitaria
de Ingeniería Técnica
Industrial de Zaragoza



GRUPO DE INFORMÁTICA
GRÁFICA AVANZADA



DEPARTAMENTO DE
INFORMÁTICA E INGENIERÍA
DE SISTEMAS



Los derechos de autor de la presente obra pertenecen a D. Raúl Ordax de las Heras y a los Drs. D. Francisco José Serón y Dña. Eva Cerezo, del Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas del Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio, sin el permiso escrito de los autores.





Agradecimientos

A todo el equipo del Grupo GIGA y a mis directores, por su tiempo y paciencia que han tenido que invertir para ayudarme y explicarme tantos conocimientos pertenecientes al complejo mundo de la animación.

Al I3A por permitirme utilizar sus instalaciones, en especial a Isabel por toda la ayuda que me ha ofrecido con el sistema de captura de movimiento.

A mi familia y amigos por todo el apoyo, ánimo y sus diversas correcciones, que han sido tan importantes durante el desarrollo de todo el PFC.

A Silvia por el posible sufrimiento causado tras tantas lecturas de la misma memoria en búsqueda de errores.

Y por último a todos aquellos que me han escuchado una y otra vez hablar sobre los mismos temas.





Índice General

| | |
|---|----|
| 1. Introducción al proyecto..... | 5 |
| 1.1 Contexto..... | 8 |
| 1.2 Motor gráfico: Maxine..... | 10 |
| 1.2.1. Carga de actores en Maxine..... | 11 |
| 1.3 Tema del proyecto..... | 13 |
| 1.4 Objetivos..... | 14 |
| 1.4.1 Objetivos principales del proyecto..... | 14 |
| 1.4.2 Objetivos secundarios..... | 15 |
| 2. Documentación..... | 17 |
| 2.1 Personajes Virtuales..... | 20 |
| 2.1.1 Forma..... | 21 |
| 2.1.2 Apariencia..... | 27 |
| 2.1.3 Rigging..... | 29 |
| 2.2 Animación de personajes virtuales..... | 33 |
| 2.2.1 Métodos de animación..... | 33 |
| 2.2.2 Animación con 3D Studio Max..... | 38 |
| 2.2.3 Captura de movimiento (Mocap)..... | 42 |
| 3. Desarrollo del proyecto..... | 49 |
| 3.1 Herramientas utilizadas..... | 52 |
| 3.1.1 Sistema óptico Vicon 460..... | 52 |
| 3.1.2 Autodesk 3D Studio Max..... | 59 |
| 3.2 Situación inicial..... | 60 |





| | |
|--|---------|
| 3.3 Rigging del actor virtual | 61 |
| 3.4 Captura de movimiento | 64 |
| 3.4.1 Preparación | 64 |
| 3.4.2 Capturas | 65 |
| 3.4.3 Exportación e importación | 74 |
| 3.5 Modificación del rigging de los actores | 80 |
| 3.5.1 Boy | 80 |
| 3.5.2 Pilar | 86 |
| 3.5.3 Maxine | 95 |
| 4. Resultados | 101 |
| 4.1 Boy | 104 |
| 4.2 Pilar | 110 |
| 4.3 Maxine | 111 |
| 5. Conclusiones y trabajo futuro | 117 |
| 5.1 Conclusiones | 120 |
| 5.2 Trabajo futuro | 123 |
| 6. Bibliografía | 125 |
| Anexo I: Desarrollo temporal del proyecto | 131 |
| Anexo II: Software utilizado | 135 |
| Anexo III: Carga de actores en el motor gráfico Maxine | 139 |





1. Introducción

| | |
|---|----|
| 1. Introducción al proyecto..... | 5 |
| 1.1 Contexto | 8 |
| 1.2 Motor gráfico: Maxine..... | 10 |
| 1.2.1. Carga de actores en Maxine..... | 11 |
| 1.3 Tema del proyecto..... | 13 |
| 1.4 Objetivos..... | 14 |
| 1.4.1 Objetivos principales del proyecto..... | 14 |
| 1.4.2 Objetivos secundarios..... | 15 |





1.1 Contexto

En este apartado se pretende describir el contexto en el que surgió y se ha desarrollado el presente Proyecto Fin de Carrera (PFC).

El Grupo de Informática Gráfica Avanzada (GIGA), perteneciente a la Universidad de Zaragoza, es un grupo de investigación multidisciplinar cuya área inicial y fundamental de trabajo ha sido la Simulación Realista de la Iluminación, campo en el que tiene reconocido prestigio tanto a nivel nacional como internacional. Con el tiempo ha ido diversificando sus áreas de interés, que actualmente incluyen la fotografía computacional, la realidad virtual y aumentada o la generación de humanos virtuales [1].

Este grupo de investigación nacido en los años 90 ha sido impulsado por el Dr. Francisco José Serón, y ha participado como uno de los grupos fundadores del Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). Desde su creación hasta el día de hoy ha participado en numerosos proyectos de I+D+i tanto en convocatorias nacionales como internacionales en el ámbito de la Informática Gráfica.

Durante el desarrollo de este proyecto, sus directores se encontraron inmersos en el proyecto TIN2007-63025, con el título “TANGIBLE: Humanos virtuales realistas e interacción natural y tangible”. Este proyecto que se inició el 01-10-07 finalizó el 03-08-10.

Este PFC se enmarca dentro de dicho proyecto y ha abordado y solucionado algunos de los problemas relacionados con la captura de movimientos, con el objeto de conseguir que algunos agentes virtuales se movieran de la forma más realista posible.

Además los resultados que se han obtenido con este “PFC” también forman parte de otro proyecto en el que están implicados varios grupos del Instituto de Ingeniería de Aragón que realizan actividades en el Parque tecnológico Walqa de Huesca. Ese proyecto denominado “e-Museum: Ambiente Intelligence in a Smart Museum” [2], se centra en la problemática de la difusión cultural. El objetivo principal de dicho proyecto es mostrar las posibilidades de un amplio conjunto de tecnologías informáticas y de comunicación utilizando como campo de aplicación conjunta el de la divulgación del arte.





La participación del grupo GIGA en e-Museum, ha consistido en incorporar los actores virtuales que interactuaran con el usuario respondiéndole al instante todas las posibles dudas generadas. De nuevo la parte que afecta a éste PFC es la relativa a las animaciones del guía virtual.

La solución que se ha desarrollado en este PFC ha estado condicionada por la necesidad de tener que integrar las capturas que se han realizado en el motor de recreación de entornos y personajes virtuales, del grupo GIGA, denominado Maxine, el cual está preparado para generar animaciones en tiempo real.

El objetivo concreto de este proyecto ha consistido en la generación de animaciones de personajes virtuales con aspecto humano que se muevan de la manera más realista posible. Para lograrlo, se ha recurrido al sistema óptico de captura de movimientos perteneciente al I3A. Dicho instituto ha facilitado al acceso a la instalación y su manipulación.



1.2 Motor gráfico Maxine

Maxine es un potente motor gráfico para la generación y gestión de entornos virtuales en tiempo real. Esta aplicación, implementada íntegramente en C++, utiliza diferentes librerías de dominio público u “open source”, las cuales constituyen el núcleo de Maxine.

Maxine puede recibir datos desde diferentes dispositivos de entrada. Posteriormente se interpretan y se clasifican para utilizarlos a la hora de generar una respuesta correcta. Por último dicha respuesta se envía al módulo motor que es el encargado de presentarla de la manera más adecuada en el entorno virtual en el que actúa el actor sintético (ver imagen 1.1).

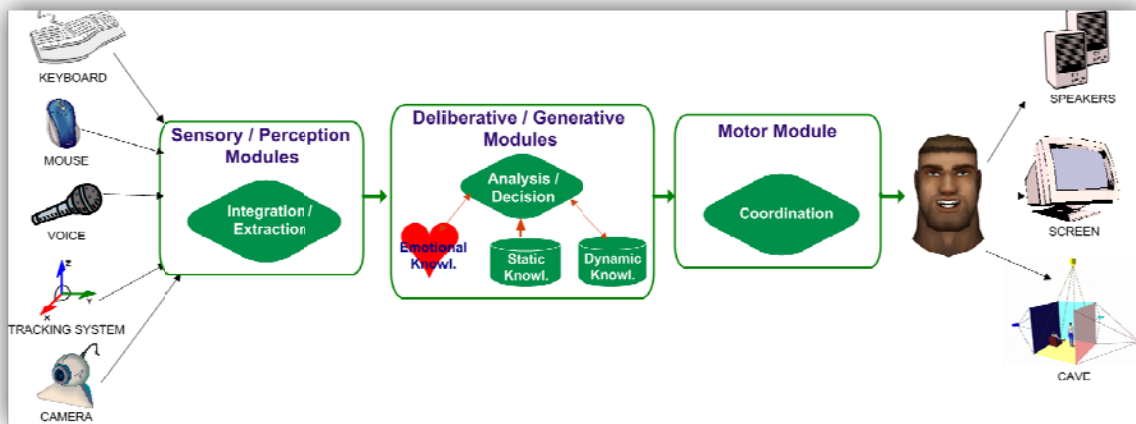


Imagen 1.1 Grafico del funcionamiento de maxine y su interacción con el usuario.

Además Maxine es capaz de generar en tiempo real los escenarios y sonidos, textos, luces, combinaciones de cámaras e imágenes en los que están inmersos los actores virtuales.

A la hora de trabajar en el campo de la animación, Maxine utiliza la librería pública Cal3D [3] la cual establece su propio formato de definición de actores. El mayor inconveniente que se ha encontrado durante el desarrollo de este PFC en relación con la obligación de tener que utilizar este formato, es que no existen herramientas de modelado y animación 3D que lo soporten, y por ello ha sido necesario utilizar un conjunto de plugins de exportación creados específicamente para algunas aplicaciones de modelado y animación, en nuestro caso, se ha decidido trabajar con 3D Studio Max.





1.2.1 Carga de actores en Maxine

Para que el motor Maxine pueda trabajar con actores sintéticos, es necesario proporcionar de forma separada los siguientes ficheros; el esqueleto, las mallas, los materiales y las animaciones asociadas. Por lo tanto una vez que se ha terminado el trabajo de modelado en el programa 3D Studio Max, utilizando los plugins adecuados, se exporta el actor a Cal3D [3], (ver imagen 1.2).

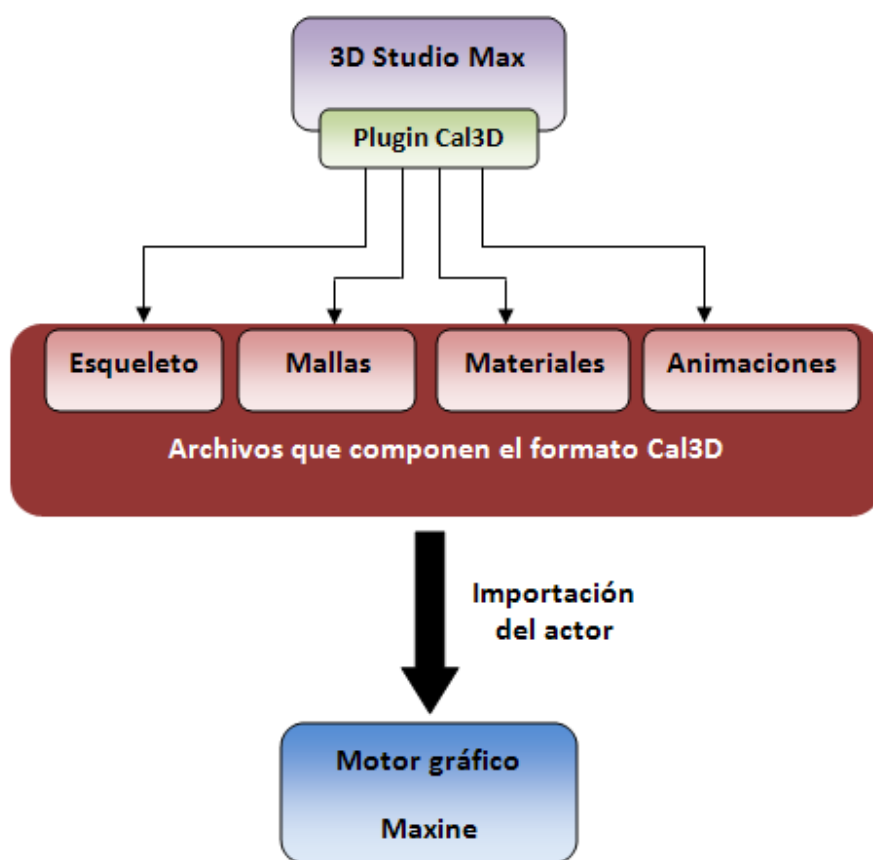


Imagen 1.2 Esquema del proceso de generación de personajes para su uso en Maxine





Una vez que se ha conseguido exportar el personaje a Cal3D, el siguiente paso requerido consiste en generar un archivo de texto (*ver imagen 1.3*) para que Maxine sepa interpretar todos los ficheros. Este archivo de texto tiene la extensión [.lua] y almacena todos los datos relativos al personaje (la malla, animaciones, esqueletos, materiales,...) para que el motor gráfico pueda lanzar y mezclar las animaciones necesarias para que nuestro actor se ejecute en tiempo real.

```
act = actor();

-- Carga del esqueleto
DIR = './data/woman/skeleton/';
act:loadSkeleton(DIR .. "sk_woman.CSF");

-- Carga de las mallas
DIR = './data/woman/meshes/';
act:loadMesh(DIR .. "skin_woman.CMF");
act:loadMesh(DIR .. "left_eye_woman.CMF");
act:loadMesh(DIR .. "right_eye_woman.CMF");
act:loadMesh(DIR .. "hair_woman.CMF");

-- Carga de los materiales
DIR = './data/woman/materials/';
act:loadMaterial(DIR .. "skin_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "hair_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "eye_right_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "eye_left_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "teeth_upper_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "teeth_lower_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "tongue_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "sock_woman.CRF");

-- Carga de las animaciones
DIR = './data/woman/animations/deformations/';
act:loadAnimation("chinese", DIR .. "chinese_woman.XAF");
act:loadAnimation("unchinese", DIR .. "unchinese_woman.XAF");
act:loadAnimation("stretch", DIR .. "stretch_eyes_woman.XAF");
act:loadAnimation("widen", DIR .. "widen_eyes_woman.XAF");
act:loadAnimation("contract", DIR .. "contract_eyes_woman.XAF");
act:loadAnimation("close_eyes", DIR .. "close_eyes_woman.XAF");

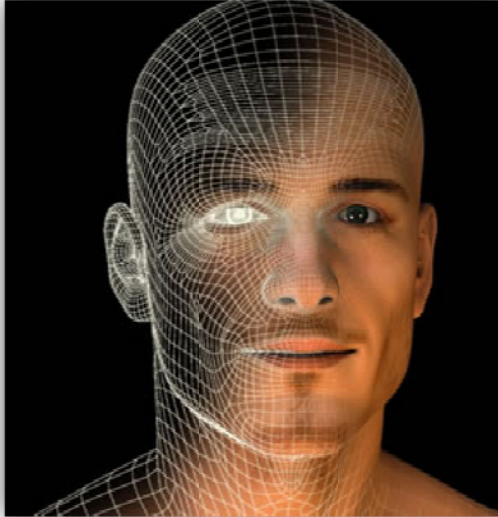
act:create();
```

Imagen 1.3 Archivo de instrucciones de carga para maxine, basado en el lenguaje script "LuaBind" [4]





1.3 Tema del proyecto



El tema del proyecto es la animación de actores virtuales (*ver imagen 1.4*), estos se definen como creaciones informáticas que pretenden simular el aspecto de seres humanos reales. Estos personajes son muy útiles en muchísimas situaciones que van desde su empleo en películas con efectos especiales, hasta en estudios de ergonomía.

Imagen 1.4 Personaje virtual.

Además suele ser muy común encontrar este tipo de tecnología en medios en los que se necesita suplantar o representar a personas reales. Es decir presentadores o azafatos virtuales, agentes y avatares usados en aplicaciones que simulan la vida real como por ejemplo es el caso del entorno virtual de internet Second Life (*ver imagen 1.5*), en el que cada persona controla un avatar virtual que le representa en este mundo virtual.



Imagen 1.5 Ejemplo de entorno virtual “Second Life”.





1.4 Objetivos

Una vez introducido con detalle el entorno del trabajo se describen los diferentes objetivos que se han establecido en la realización de este proyecto fin de carrera, y los requisitos que se han tenido que cumplir para su creación.

1.4.1 Objetivo Principal

El objetivo principal del proyecto es conseguir ampliar las bibliotecas existentes de movimientos de personajes virtuales con los que trabaja el grupo de investigación GIGA en la actualidad. Para lograr un resultado convincente se han fijado los siguientes requisitos:

1. **Movimientos realistas:** es por esta razón por la que se requiere trabajar con la técnica basada en captura de movimiento, ya que permite recoger los movimientos de una persona real para luego incorporárselos a los actores virtuales. Consiguiendo que estos adquieran un mayor grado de realismo.
2. **Partir de modelos ya creados:** la idea inicial que se planteó para la realización del proyecto, era trabajar con los esqueletos y mallas que ya estaban creados. Ahora bien para conseguir que estos incorporen la técnica de captura de movimiento se han tenido que realizar algunas modificaciones en sus esqueletos y mallas.
3. **Movimientos genéricos:** los movimientos que se han seleccionado se pueden categorizar como genéricos, es decir, movimientos que se puedan incorporar de forma habitual entre cualquier tipo de acciones. Como por ejemplo sentarse, saludar, tocarse el pelo, afirmar, cruzar las piernas, etc.
4. **Motor grafico Maxine:** Adecuar el resultado para que Maxine pudiese incorporar todas las capturas obtenidas.



1.4.2 Objetivos secundarios

Además, y desde un punto de vista de beneficios personales, durante el desarrollo del proyecto he conseguido los siguientes objetivos secundarios:

1. **Ampliar conocimientos:** sobre la creación de personajes virtuales, tanto de su modelado como sobretodo de su animación. Profundizando en el mundo de la captura de movimiento, adquiriendo la metodología que se debe seguir para realizar capturas de una calidad optima.
2. **Profundizar en el manejo de programas:** sobretodo de los programas 3D (3D Studio Max) en los que se ha ampliado el conocimiento que se tenía sobre ellos al abarcar toda la parte de actores virtuales y del plugin “Character Studio” con el que no se había trabajado en ninguna asignatura en la carrera.
3. **Conocer de cerca el desarrollo de un trabajo de investigación:** formando parte de un grupo universitario de investigación como el GIGA, el cual trabaja en colaboraciones de proyectos con diversas universidades y desarrolla trabajos tanto a nivel nacional como internacional.





2. Documentación

| | |
|--|----|
| 2. Documentación..... | 17 |
| 2.1 Personajes Virtuales..... | 20 |
| 2.1.1 Forma..... | 21 |
| 2.1.2 Apariencia..... | 27 |
| 2.1.3 Rigging..... | 29 |
| 2.2 Animación de personajes virtuales..... | 33 |
| 2.2.1 Métodos de animación..... | 33 |
| 2.2.2 Animación con 3D Studio Max..... | 38 |
| 2.2.3 Captura de movimiento (Mocap)..... | 42 |





2.1 Personajes virtuales

Como ya se ha dicho, el trabajo realizado se ha centrado en el campo de la infografía que consiste en la generación de imágenes sintéticas mediante técnicas informáticas. En este caso se trata de la vertiente tridimensional de la infografía, más concretamente de la parte de creación y animación de actores sintéticos en tiempo real.

Esta parte de la infografía requiere un trabajo muy meticuloso y un gran esfuerzo, para poder conseguir resultados realistas de calidad. Esto se debe a la extrema complejidad que supone la representación digital del ser humano con todas sus expresiones y movimientos.

A la hora de crear actores virtuales hay que tener en cuenta varios aspectos principales. En este caso los aspectos importantes son por un lado la forma, es decir el aspecto externo e interno que el personaje tendrá, y por otro lado el diseño de sus movimientos.





2.1.1 Forma (Mallas y esqueletos)

Como se ha mencionado anteriormente, un factor importante en la creación de actores virtuales es su forma. Dentro de este término se deben considerar el aspecto interno y el externo.

La malla del personaje virtual es lo que se conoce como aspecto externo, que se asemeja a lo que para una persona real sería la piel. Es lo que envuelve al aspecto interno (los huesos), *ver la imagen 2.1.*

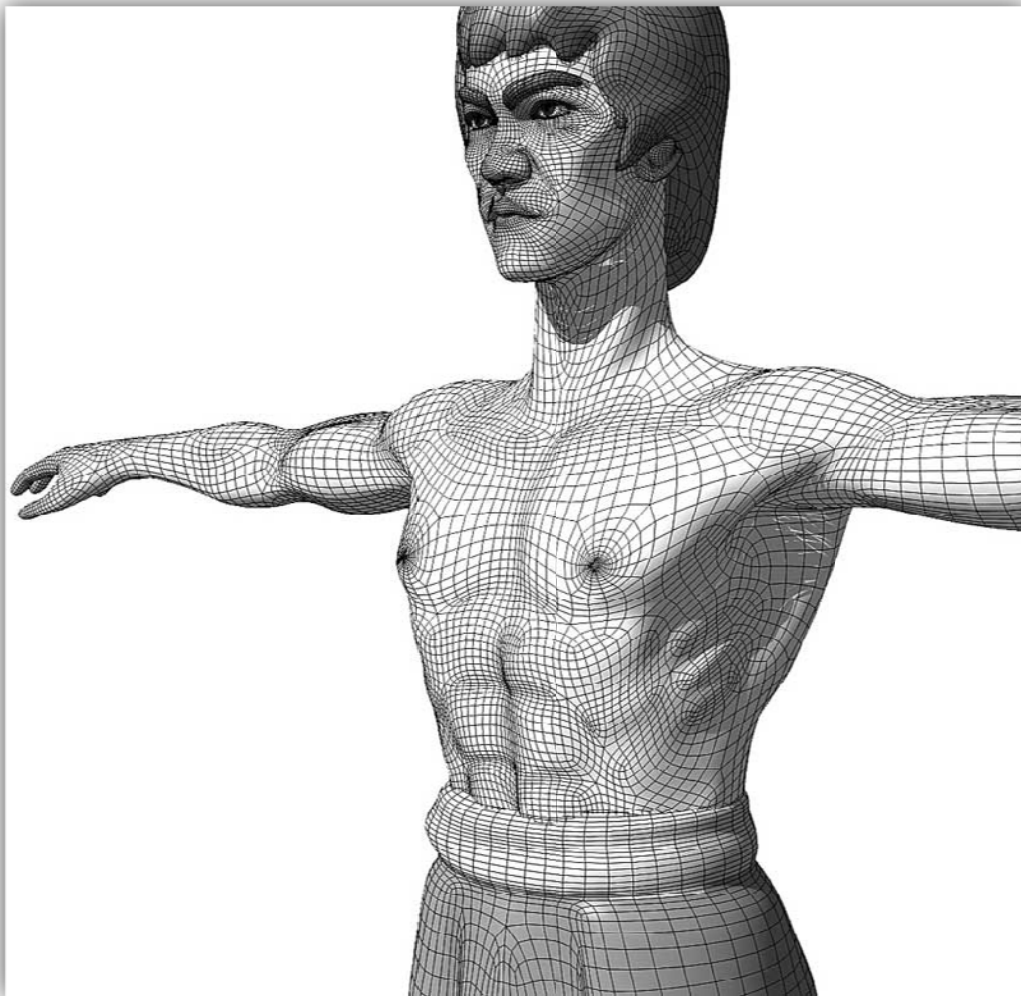


Imagen 2.1 Ejemplo de una malla de un personaje virtual que simula al actor Bruce Lee.





Normalmente dicha malla se compone de polígonos, que se dividen en superficies triangulares delimitadas por aristas que se unen en vértices, *ver imagen 2.2*.

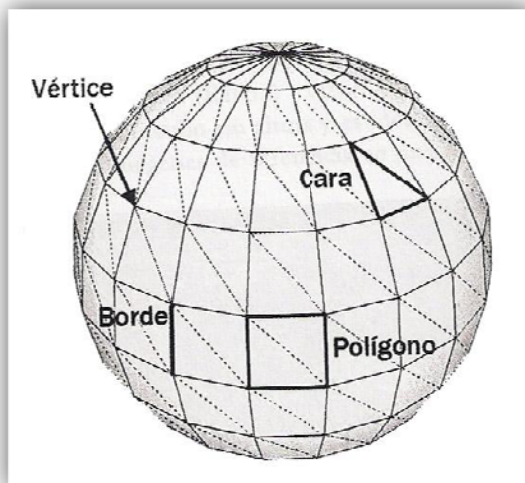


Imagen 2.2 Ejemplo de los componentes que componen una malla de una esfera.

Estos polígonos son más abundantes en las zonas de la cara y manos, debido a que estas son partes del cuerpo que requieren de una mayor dotación de realismo y detalle, ya que son esenciales para mostrar la expresividad del personaje.

La malla se puede generar utilizando varios métodos [5], el uso de uno o de otro depende del objeto que se está modelando o simplemente de la experiencia del modelador.

Respecto al aspecto interno (el esqueleto), es necesario que los actores virtuales al igual que cualquier persona real, tengan un esqueleto virtual para poder mover el cuerpo (la malla). Este esqueleto no es más que un conjunto de huesos vinculados jerárquicamente unos a otros, de tal manera que permitan las distintas rotaciones y movimientos necesarios para simular el movimiento de cualquier persona.

Para crear un esqueleto virtual existen diversos métodos que dependen del software que se utilice, en este caso se ha utilizado 3D Studio Max [6], que ofrece dos maneras distintas de crear los esqueletos virtuales.





1. **Hueso a hueso (bones):** consiste en generar cada hueso manualmente por separado, indicando el tamaño y características de cada uno (grados de giro, direcciones, etc.).

Estos huesos una vez creados se deben de vincular y jerarquizar, para que al mover uno de ellos este a su vez mueva el resto con los que está vinculado. Es decir que al mover la mano se mueva también el antebrazo y este a su vez mueva el hombro. Este tipo de jerarquización se conoce como “padre e hijo”, en la que el hueso que hace de hijo se ve siempre arrastrado por el hueso padre.

Todo sistema de huesos se crea a partir del hueso central de la cadera (centro del personaje), este es el padre de todos, a partir de él se definen las piernas como hijos y también el pecho y posteriormente los brazos y cuello (*ver imagen 2.3*).



Imagen 2.3 Grafica de jerarquías, en ella se ven las vinculaciones padre e hijo para cada uno de los huesos





2. **Sistema Bípedo (Biped):** en el software 3D Studio Max se nos ofrece la opción de utilizar un sistema de huesos predefinido para una estructura del tipo bípeda, este esqueleto virtual se genera pulsando un botón e indicando la altura final necesaria (*ver imagen 2.4*).

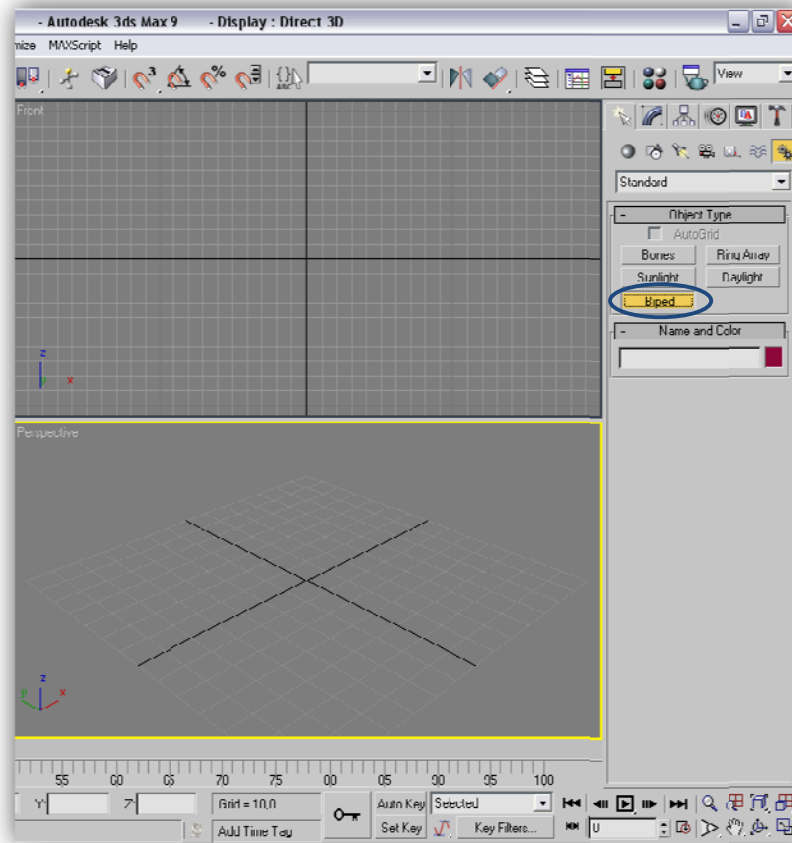


Imagen 2.4 Interfaz del programa 3D Studio Max en el que se observa la opción que permite la creación de Sistemas Bípedos (Biped)





El programa permite seleccionar algunos de los parámetros (número de dedos, huesos de la columna, etc.) para que el bípedo (biped) se adapte a las necesidades requeridas.

Si se utiliza dicha opción se obtiene un sistema de huesos que se encuentra debidamente jerarquizado, por lo que no es necesaria realizar la vinculación “padre - hijo” (ver imagen 2.5).

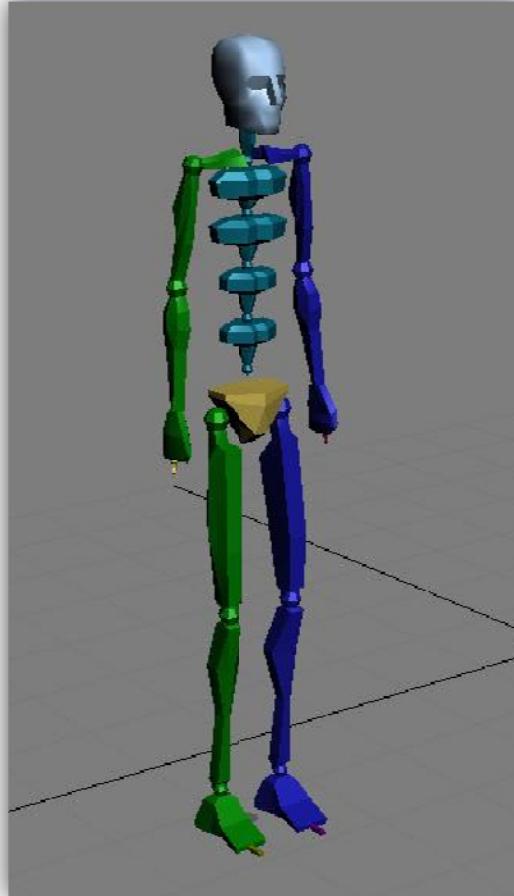


Imagen 2.5 Sistema Bípedo (biped), que ofrece por defecto el programa 3D Studio Max





Cada uno de los métodos explicados puede generar resultados satisfactorios, pero existen ocasiones que requieren la utilización de ambas técnicas. Esto se debe a que a veces se desea animar la cara para que esta realice expresiones faciales (sonreír, parpadear, hablar, etc.), y para ello se generan una serie de huesos que se incorporan a la estructura ósea facial del sistema biped (ver imagen 2.6).

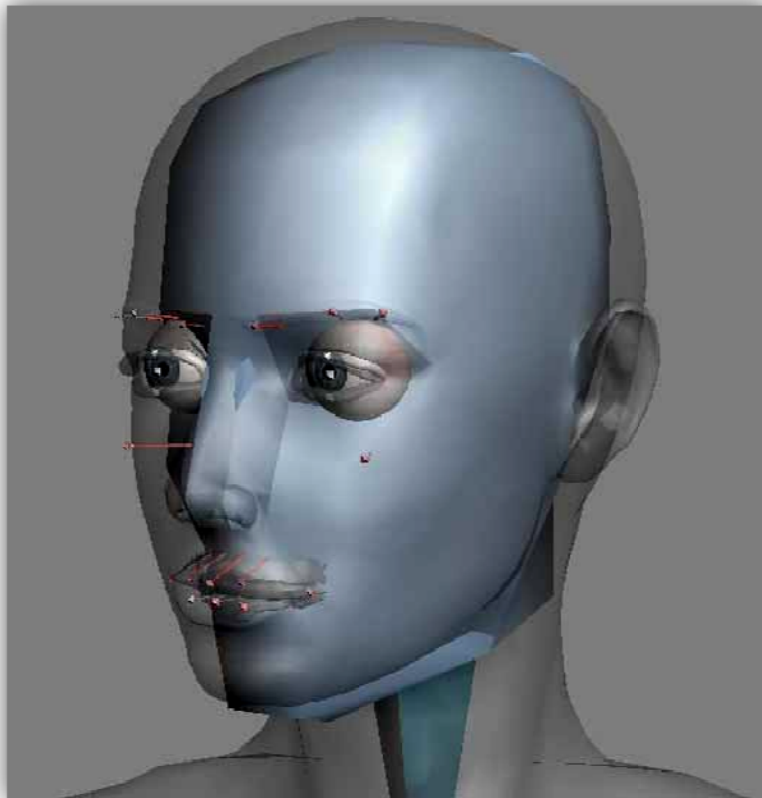


Imagen 2.6 Estructura facial bípeda a la cual se le han incorporado un conjunto de huesos mediante la técnica hueso a hueso, que permiten la animación facial.





2.1.2 Texturizado

El texturizado es la técnica utilizada para describir la apariencia óptica de los objetos y consiste en la definición de diferentes tipos de materiales que caracterizan a los distintos componentes del objeto 3D. Una de las técnicas más utilizadas consiste en la colocación (a modo de forro) de imágenes sobre el modelo 3D. Esta técnica conocida con el nombre de “mapping”, ayuda a definir visualmente las características del objeto, dotándole de personalidad para hacerlo de esta manera más humano y así más cercano.

3D Studio Max ofrece un editor de materiales (*ver imagen 2.7*), con el que se puede administrar y modificar los distintos materiales que requiera el actor virtual.

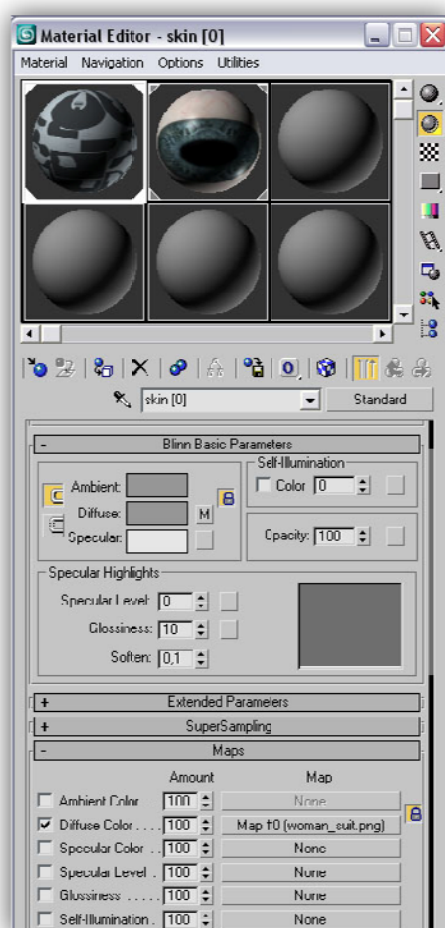


Imagen 2.7 Editor de materiales del programa 3D Studio Max





Como se puede observar en la figura (*ver imagen 2.7*), todos los materiales que se creen aparecen sobre esferas [7]. Las diferentes posibilidades ofrecidas van desde simples colores con diferentes propiedades o un mapa de imágenes con distintas texturas (*ver imagen 2.8*). Para que estos mapas de imágenes encajen con el actor virtual hay que utilizar una aplicación que ofrece 3D Max, Unwrap UVW [8], la cual permite superponer perfectamente la imagen 2D sobre el modelo 3D.

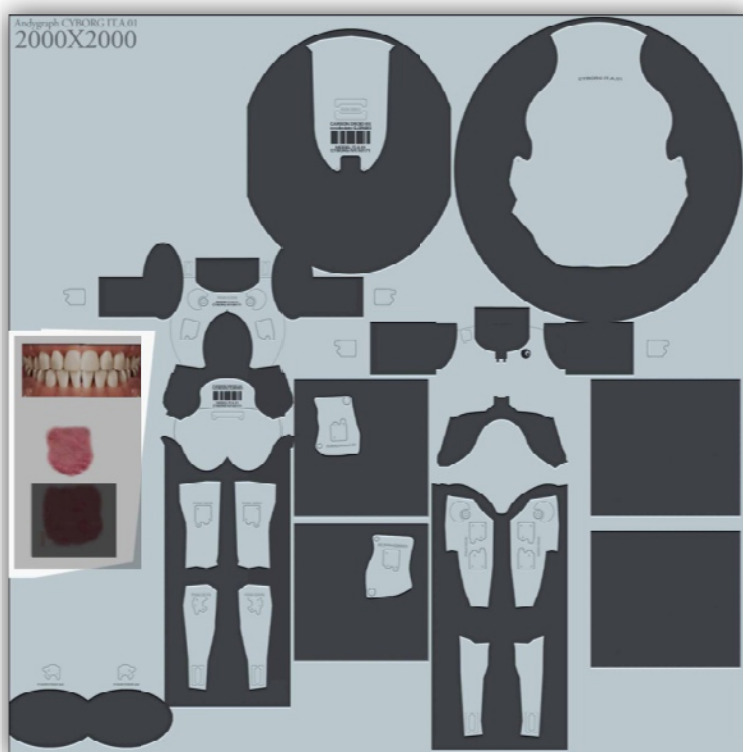


Imagen 2.8 Mapa 2D de texturas del personaje virtual del GIGA "maxine".

Esta última técnica es la que se ha utilizado en los personajes virtuales de este proyecto, ya que ofrece muy buenos resultados.





2.1.3 Rigging

El último paso antes de animar cualquier actor virtual es el rigging. Esta tarea consiste en asociar el esqueleto a la malla exterior para que al mover el esqueleto la malla lo acompañe de forma adecuada (*ver imagen 2.9*). Esta fase ha sido la más importante y la que más dedicación ha requerido. El motivo es que un rigging bien hecho significa conseguir unas óptimas animaciones del actor [9].

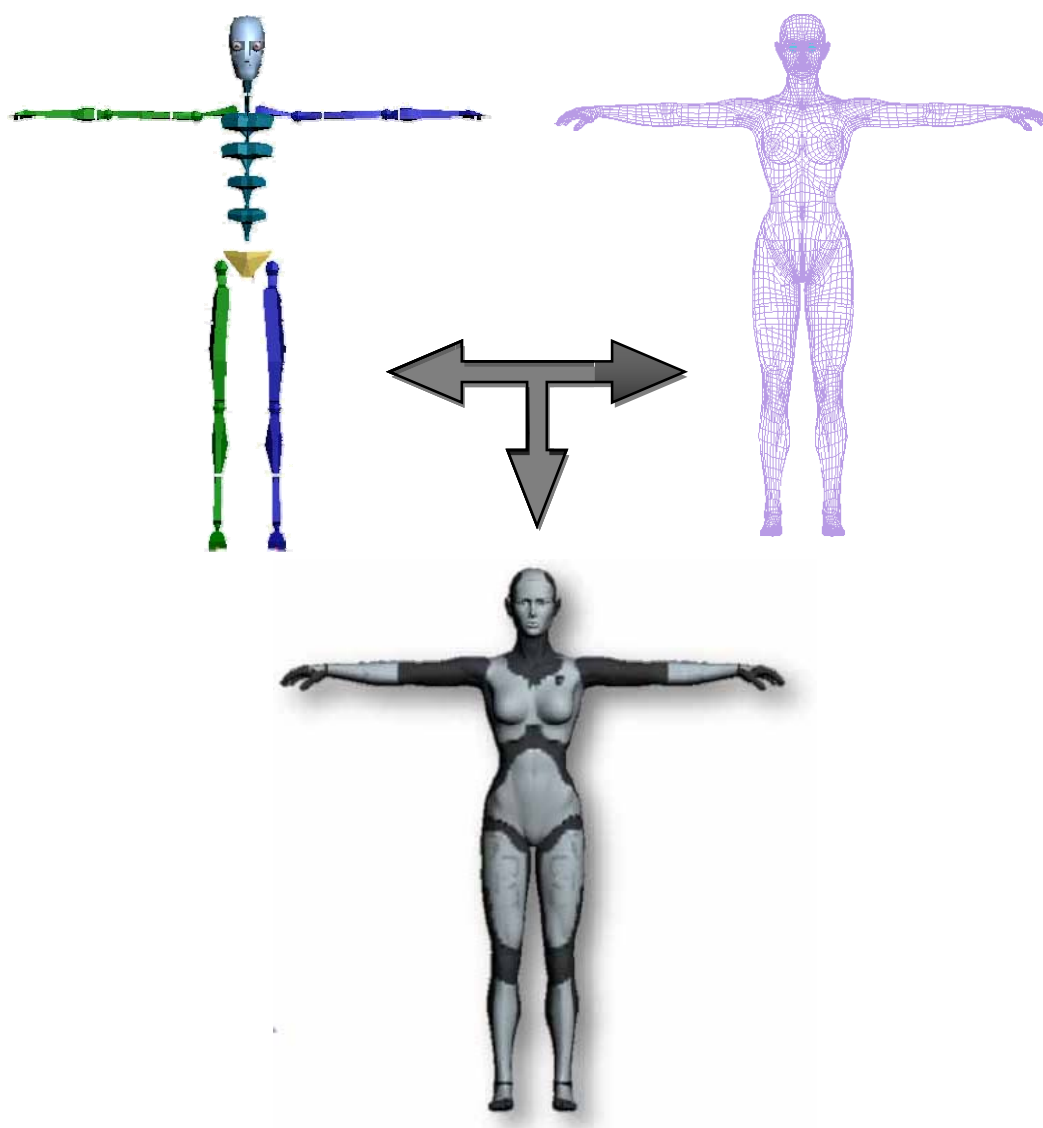


Imagen 2.9 Esquema de la composición de un personaje virtual, rigging.





Este proceso es tan costoso debido a que para asociar bien la malla al esqueleto del actor lo que se debe hacer es asociar cada vértice de la malla a sus correspondientes huesos indicando en cada caso un factor denominado peso que define el porcentaje de influencia que tienen los distintos huesos sobre la malla.

En 3D Studio Max el proceso de rigging se puede realizar a través de dos métodos distintos que se conocen con los nombres de: el modificador Physique y el modificador Skin [10][11].

1. **Physique:** en este caso lo único que se debe hacer es seleccionar el esqueleto que se quiere asociar a la malla. Una vez seleccionado el modificador crea por defecto, una asignación de pesos sobre los distintos huesos a los vértices de la malla. Esta asignación se crea mediante unas regiones envolventes (envelopes) que se definen por cada hueso, las cuales delimitan su zona de acción. Es decir la parte de la malla que deforma cada uno de los huesos (*ver imagen 2.10*).

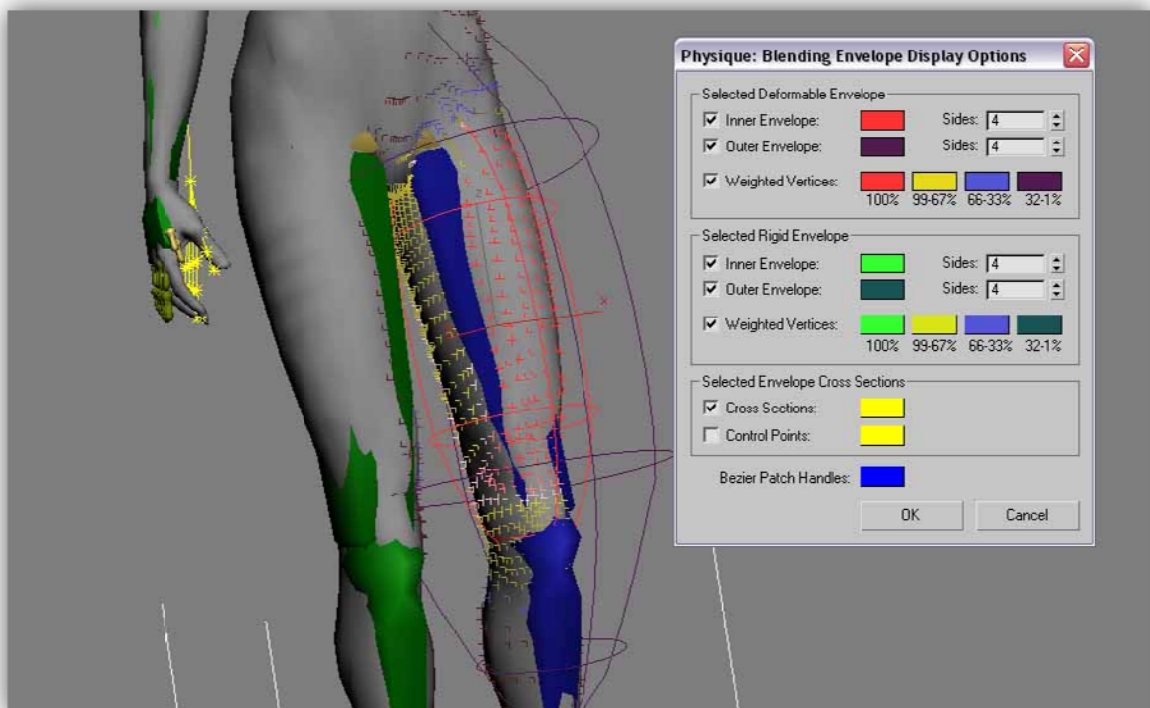


Imagen 2.10 Regiones envolventes de la pierna izquierda en el proceso de rigging mediante la técnica "Physique". A la derecha se observa la interpretación del valor asociado según los colores





La asignación que se realiza mediante las áreas no es del todo exacta porque no permite demasiado control sobre las vinculaciones de pesos a los vértices. Debido a ello es necesario realizar retoques manuales posteriores.

Una vez utilizado, este modificador muestra el porcentaje de vinculación de cada vértice mediante una escala de colores. Los vértices que se encuentran bajo la máxima influencia del hueso se colorean de rojo, y los que por el contrario muestran la menor asociación se tiñen de azul. Entre estos dos colores se crea una gama en gradiente que va desde rojos, anaranjados, amarillos, hasta llegar a los azules.

Puede observarse que algunos vértices se encuentran parcialmente asociados a un hueso, esto es debido a que no solo se encuentran bajo la influencia de un hueso sino que se encuentran en zonas en las que influyen dos o más huesos, es decir en las articulaciones, donde se juntan las regiones envolventes de los huesos.

2. **Skin:** con este modificador, al igual que en Physique, hay que seleccionar el esqueleto que se debe asociar a la malla. La diferencia radica en que este modificador no detecta el esqueleto en conjunto por lo que hay que añadir uno a uno todos los huesos que intervienen en la malla.

Al igual que en Physique, al asignar los huesos el programa vincula los vértices de la malla, con unos determinados pesos por defecto, a los diferentes huesos. Para que la asociación sea correcta hay que realizar un retoque manual, con Skin estos retoques no se basan en envolventes si no que se trabaja directamente sobre cada uno de los vértices. Cada uno de ellos tiene un valor numérico que va desde 1.0 (máximo valor) hasta 0.0 (mínimo valor), según la influencia que tenga el hueso sobre ellos. De la misma manera que con Physique también se muestra el valor de asociación de los huesos a la malla con la escala de colores (*ver imagen 2.11*).



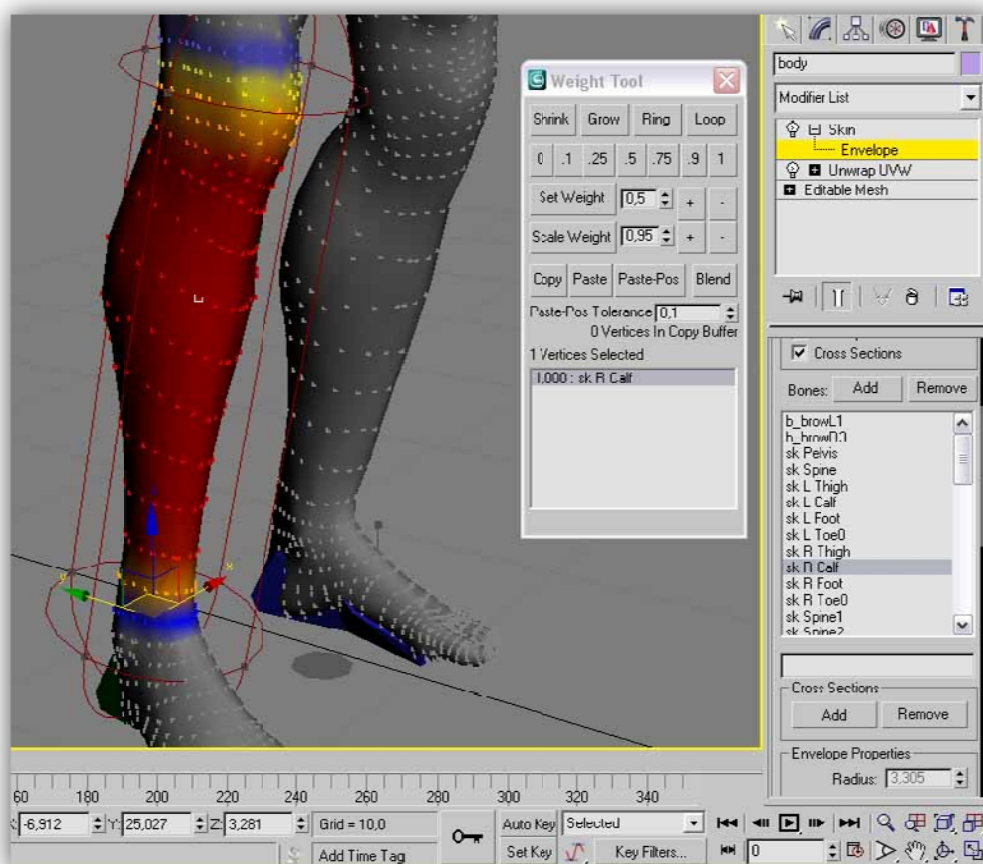


Imagen 2.11 Representación de los pesos de los vértices por colores en la malla. A la derecha se observa la herramienta “Weight Tool” con la que es posible controlar el porcentaje de asociación.

El retoque manual es un proceso esencial que requiere una gran dedicación de tiempo, dado que se debe trabajar vértice a vértice y las mallas de los actores virtuales pueden llegar a tener varios miles de estos.





2.2 Animación de personajes virtuales

Una animación consta de un conjunto de fotogramas, cuadros o frames, que presentados en forma continua crean la ilusión de la animación. Para conseguir un efecto realista se necesitan entre 25 frames por segundo en Europa, en EEUU en cambio se trabaja con 30 frames por segundo [12].

A continuación se exponen las distintas técnicas para realizar animaciones.

2.2.1 Métodos de animación

Entre las técnicas existentes para animar cualquier personaje virtual [13] existen dos técnicas que son muy utilizadas: la animación esquelética, y la animación por interpolación de la malla o “morphing”.

Animación esquelética

La animación esquelética consiste, como su propio nombre indica, en la animación del esqueleto que hemos ligado a nuestra malla. De este modo, el esqueleto, al ser manipulado, se deforma o se traslada de manera que los vértices de la malla siguen a los movimientos del esqueleto.

Esta animación se genera variando la posición de los huesos de forma adecuada a lo largo del tiempo, generando lo que se llaman posiciones claves, o en el ámbito de la animación fotogramas claves (*key frames*). La animación final se obtiene cuando el programa con el que se trabaja, interpola estas posiciones creando un cambio suave de una a otra (*ver imagen 2.12*).



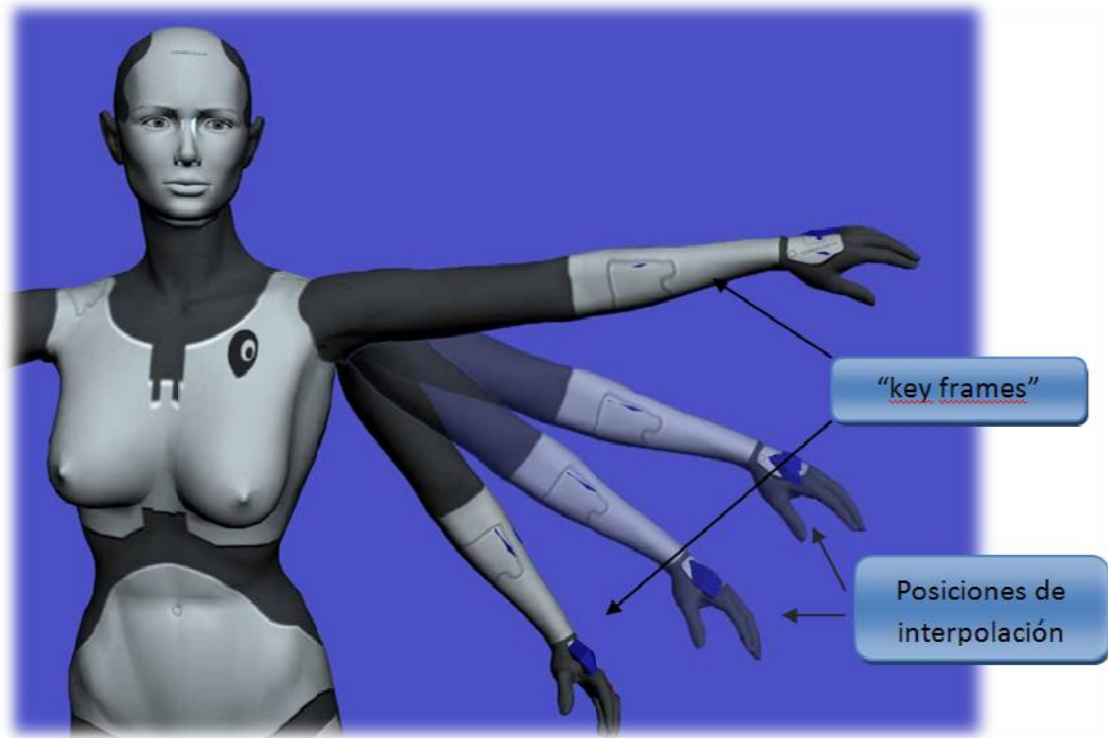


Imagen 2.12 Ejemplo de animación siguiendo la técnica de “key frames”.

Animación por interpolación de malla

La animación por interpolación de malla o “morphing” consiste en la deformación de la malla mediante la manipulación de los vértices de esta. Consiguiendo de esta manera que se generen transformaciones sobre la forma de las mallas del personaje [14].

También es muy común utilizar este tipo de animaciones para generar el habla de los personajes virtuales. Dado que para ello es necesario generar las distintas posiciones labiales o lo que también es denominado los distintos visemas (fonemas visuales). Una vez generados los visemas, estos son combinados e interpolados para su posterior sincronización con el sonido del habla del personaje.





Los personajes que aparecen en este PFC no utilizan este tipo de animación para ninguno de sus movimientos. Para crear la animación facial incorporan una serie de huesos que controlan puntos clave de la malla de la cara. Consiguiendo tener un control completo que permite crear todas las expresiones y visemas posibles (*ver imagen 2.13*).

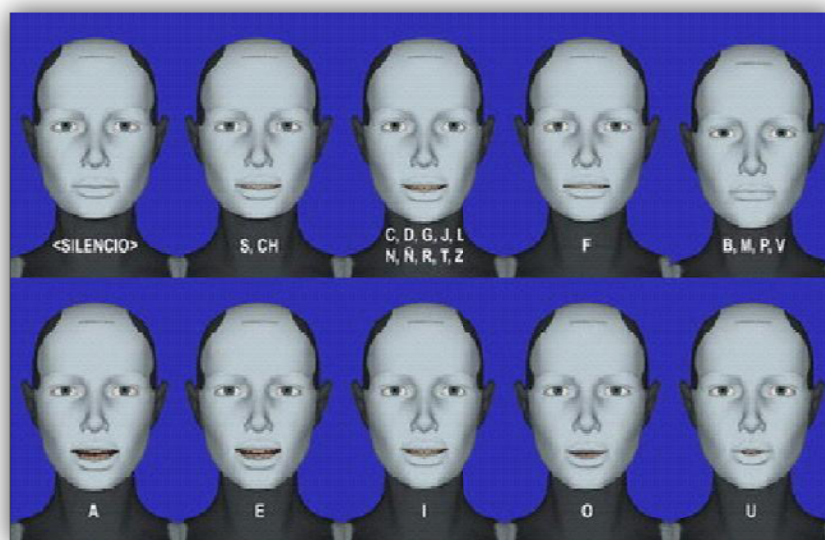


Imagen 2.13 Ejemplo de visemas por animación esquelética del personaje del GIGA “Maxine”.

Esta técnica basada en puntos faciales clave, tiene su origen en el estándar MPEG-4. Los puntos característicos que se utilizan son un subconjunto representativo de los definidos por el estándar. Además las animaciones faciales también se definen en base a parámetros de animación facial descritos en MPEG-4 (*ver imagen 2.14*).



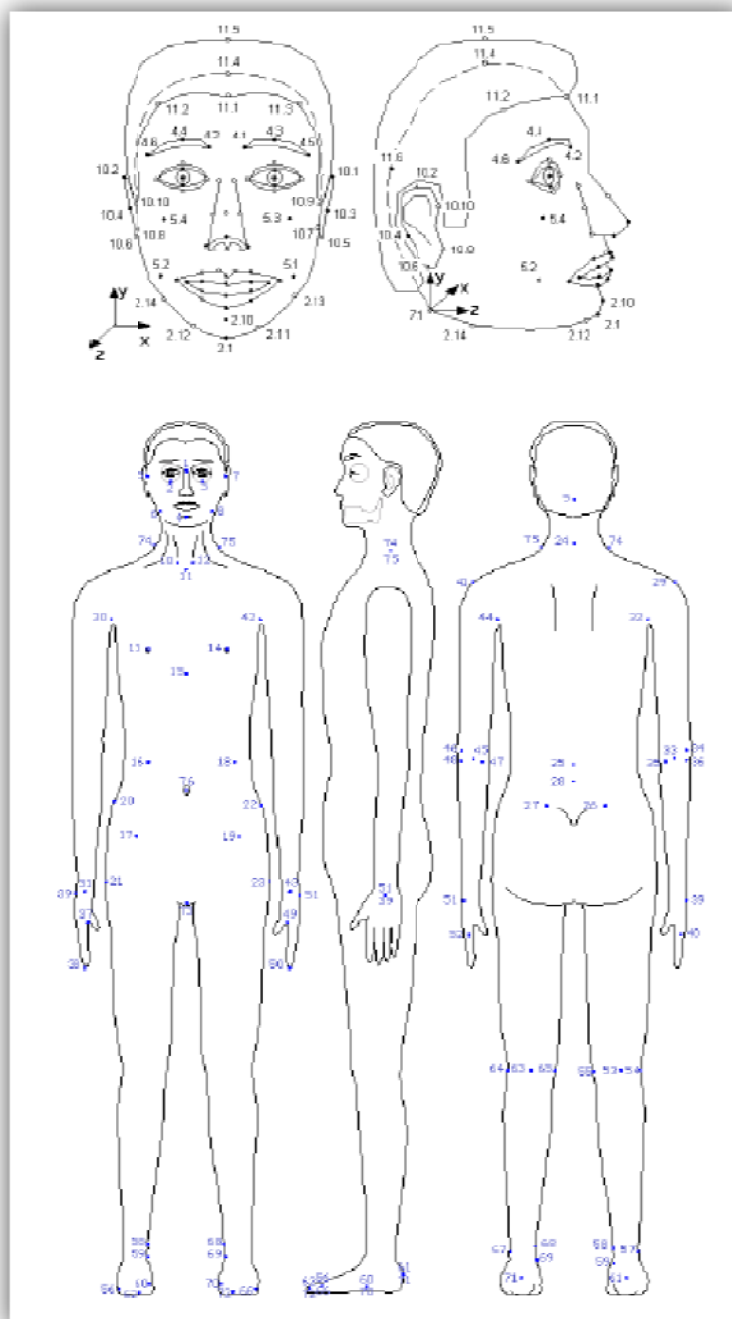


Imagen 2.14 Puntos del estándar MPEG-4. Puntos característicos de definición facial (arriba) y del cuerpo (abajo).





El estándar MPEG-4 [15] define 84 puntos característicos (*ver imagen 2.14*) y establece dos grupos diferenciados de parámetros, el facial y el corporal. Sobre las dimensiones y geometría del modelo tiene sus dos especificaciones la FDP (Face Definition Parameters) que afecta al grupo de parámetros faciales, y la BDP (Body Definition Parameter) que afecta al grupo de parámetros corporales. Y sobre las restricciones de las animaciones faciales y corporales establece los parámetros FAP (Facial Animation Parameters) que afecta en las animaciones faciales, y la BAP (Body Animation Parameters) que afecta en las animaciones corporales (*ver imagen 2.15*).

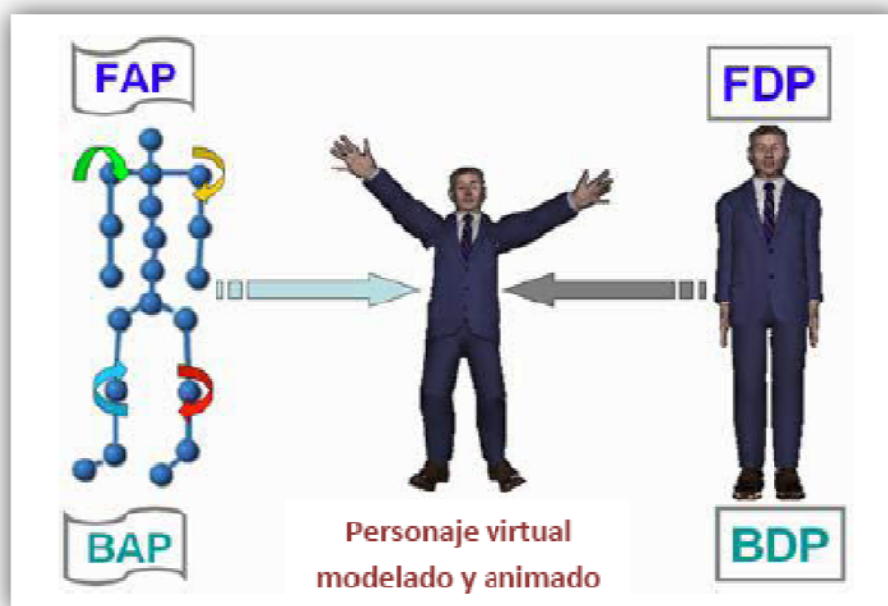


Imagen 2.15 Esquema de las especificaciones de animación (en la parte izquierda), y geometría (en la parte derecha), establecidas en el estándar MPEG-4





2.2.2 Animacion con 3D Studio Max

En 3D max [10] [11] es posible trabajar con los frames de forma sencilla, en la parte baja del programa (*ver imagen 2.16*) se puede observar una barra con la cual es posible desplazarse entre los distintos frames de la animación y además señala el frame seleccionado.

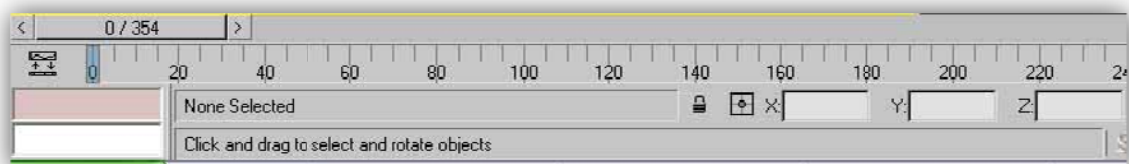


Imagen 2.16 Barra de herramientas del programa 3DS Max 2009. Se encuentra en el frame 0 de los 354 que tiene la animación en este ejemplo.

3D max ofrece dos maneras distintas de crear Key frames (*ver imagen 2.17*), la primera opción consiste en la utilización del botón de "Auto Key" el cual permite crear Key frames automáticamente cada vez que el objeto es modificado en cualquier escena, la segunda es el "Set key", esta opción permite crear frames pero solamente cuando el objeto sufre alguna de las transformaciones predeterminadas en el cuadro de "key filters".

Una vez creados los Key frames, pueden editarse permitiendo controlar la animación, suavizando el movimiento, acentuándolo, acelerándolo, ralentizando, etc. Todas estas opciones se realizan utilizando la opción de "Key properties".

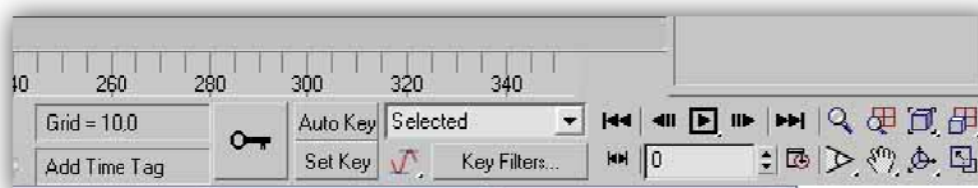


Imagen 2.17 Barra de herramientas de 3DS Max 2009, se muestran los botones de "Auto Key" y "Set key" que permiten la creación de fotogramas clave para crear animaciones.



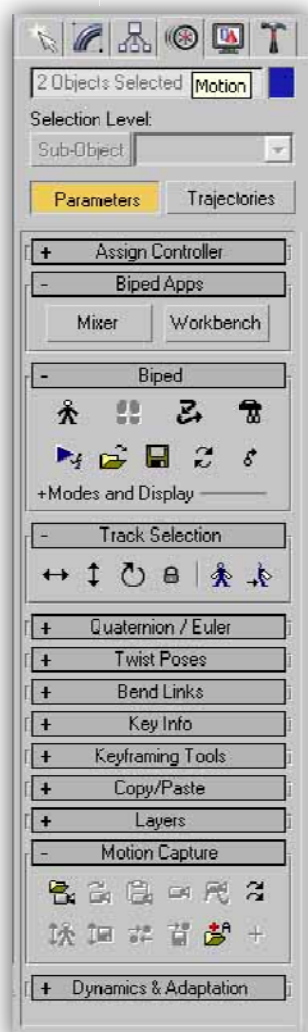


Imagen 2.18 Barra de propiedades "motion" de 3DS Max 2009

Otra posibilidad de animación dentro del programa 3D max es el panel denominado "Motion" (ver imagen 2.18). Dentro de este se pueden asignar controladores que permiten crear animaciones de forma acotada. También se puede controlar la trayectoria de la animación gracias a que el programa la muestra como un "spline" (line de puntos editables), pudiendo modificar cada punto, eliminándolos o añadiendo más puntos de control para que los movimientos creados sean lo suficientemente suaves o bruscos como se desee.

Como se ha explicado en el apartado 3.1.1, 3D Studio Max facilita la opción de crear sistemas bípedos de huesos. Para la animación de estos esqueletos, el programa ofrece varios parámetros especiales en el panel "Motion". Una de las primeras facilidades es el modo "footstep" (ver imagen 2.19), en el aparecen tres variantes, "walk" (andar), "run" (correr) y "jump" (saltar), se selecciona la que se quiera utilizar y después se pulsa el botón "Create multiple footstep", seguidamente aparecerá una ventana en la que se puede cambiar; el número de pasos, con qué pie arranca el movimiento, la distancia, la velocidad, etc. Con el movimiento ya creado este puede ser modificado desde el apartado "footstep operations", pudiéndolo hacer curvo, más largo, etc.



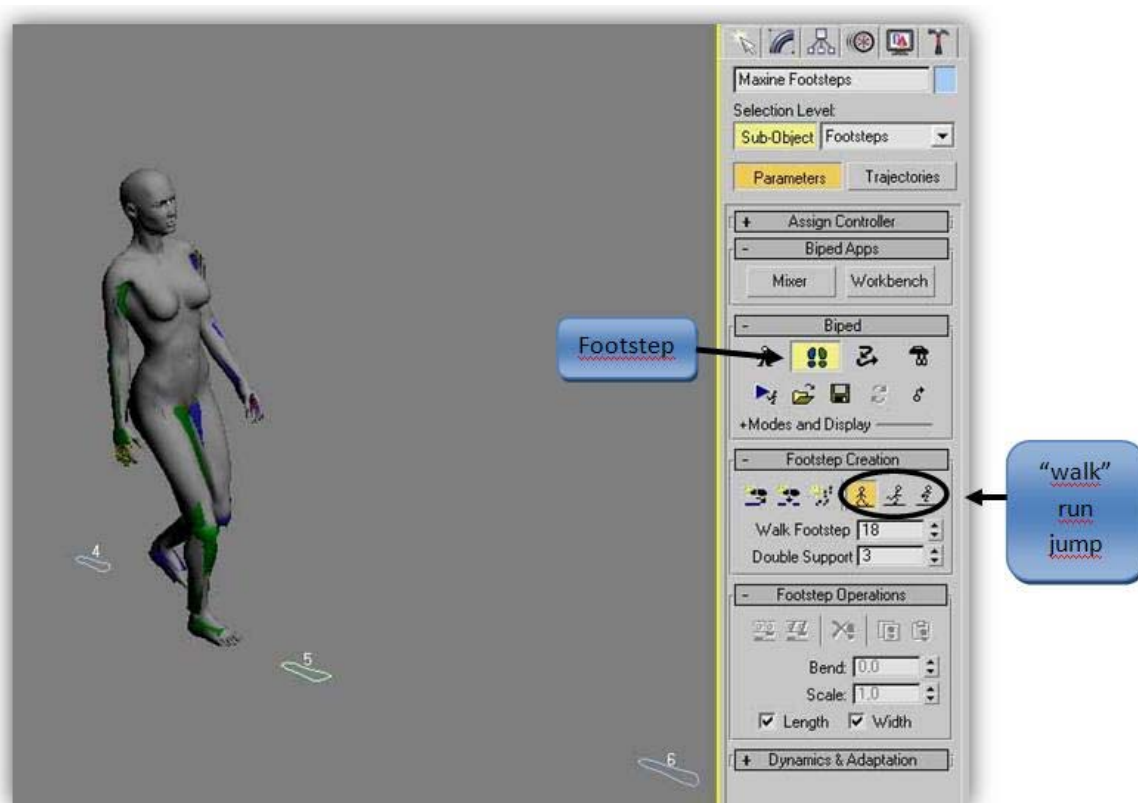


Imagen 2.19 Animación de caminar en el programa 3DS Max. A la derecha se observa los botones de la función "foot step mode".

Esta operación se puede realizar de la misma manera también con las opciones de "run" y "jump".

Estas animaciones se pueden guardar en ficheros propios, y posteriormente se pueden unir movimientos distintos, para ello está la función de "flow" (ver imagen 2.20), esa función permite unir los diferentes movimientos mediante la opción "flow graph", editando las transiciones de un movimiento a otro y definiendo el orden de la secuencia.





Imagen 2.20 Barra de herramientas de la función “flow” del programa 3DS Max 2009.

Con todas estas facilidades se puede crear una animación de manera rápida y cómoda, pero en este proyecto se han aplicado capturas de movimiento dado que aunque 3D Max es muy potente, los movimientos que genera tendrían que ser retocados y suavizados una y otra vez para que fueran tan naturales como los que se pueden llegar a sacar de una capturadora de movimiento.





2.2.3 Captura de movimiento

La captura de movimiento (también llamada motion capture o mocap), es una técnica que permite almacenar los movimientos de manera digital a partir de un cuerpo u objeto real en movimiento situado en un ambiente controlado, para su posterior edición o estudio [16].

Las animaciones obtenidas presentan un grado de realismo y riqueza de detalles que es muy difícil de lograr con métodos tradicionales. Sin embargo, esta técnica tiene una desventaja principal que consiste en el elevado coste de los sistemas de captura, que no la hacen apropiado para cualquier tipo de proyecto.

La captura de movimiento se puede utilizar tanto para animación corporal como facial (ver *imagen 2.21*). Sin embargo, la captura de movimiento facial es más complicada al requerir una precisión mayor, por lo que llevarla a cabo conjuntamente con la corporal utilizando los mismos medios es una tarea no aconsejada. Este proyecto se ha centrado en la animación corporal.

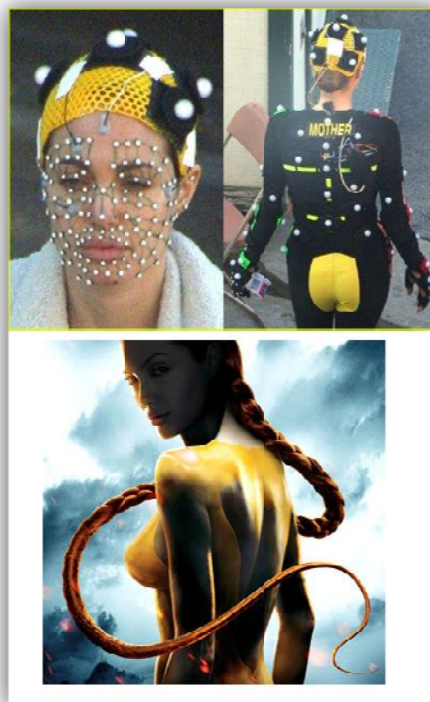


Imagen 2.21 Ejemplo de captura de movimiento. Angelina Jolie fue “capturada” para interpretar el personaje que desarrollo en la película de Beowulf





En la actualidad los “mocap se aplican en diferentes campos de estudio [17], como lo son la biomédicina, el deporte, las simulaciones industriales, el estudio de la fisiología de los cuerpos, la ergonomía, la animación para películas, juegos, simulaciones para crear entornos virtuales, etc. (ver imagen 2.22).



Imagen 2.22 Ejemplos de aplicaciones de la captura de movimiento. Arriba un estudio ergonómico para el diseño de automóviles, abajo el desarrollo de un videojuego con la colaboración de Leo Messi como actor.





Existen diferentes sistemas para lograr una captura de movimiento y todos ellos proporcionan buenos resultados, aunque cada uno de ellos tiene sus inconvenientes [18][19].

1. **Mecánicos:** se trata de módulos rígidos los cuales se unen a través de articulaciones que permiten los giros y rotaciones del actor. Estos giros se miden y registran mediante potenciómetros (*ver imagen 2.23*).



Imagen 2.23 Ejemplo de armaduras actuadas electromecánicas.

Existen dos tipos distintos de módulos o “armaduras rígidas”. Las armaduras específicas, para crear las poses de ciertos keyframes (fotogramas clave), y las armaduras actuadas, que son las que permiten una captura en tiempo real del movimiento del actor.

Este tipo de sistema tiene como ventajas su bajo coste y la rápida interpretación de los datos, aunque suelen ser bastante incómodos con lo que los actores en ocasiones no consiguen realizar movimientos demasiado naturales y además se basan casi exclusivamente en el movimiento de las articulaciones, omitiendo en ocasiones información necesaria para ciertos movimientos.





- 2. Magnéticos:** se basa en receptores electromagnéticos adheridos al cuerpo, los cuales emiten su posición y orientación respecto a una base fija. Pueden llegar a colocarse alrededor de 90 receptores sobre el cuerpo que mediante un debido cableado transmiten los movimientos realizados (ver imagen 2.24).



Imagen 2.24 Ejemplo traje magnético en el cual se observa la base fija de recepción de datos adherida a la cintura del traje.

Lo bueno de este sistema es que se puede trabajar con él en tiempo real, además se pueden realizar todo tipo de movimientos sin ningún tipo de oclusión de los receptores, ya que estos transmiten su información mediante cables a una base fija. Aunque debido a este mismo cableado existen ciertos movimientos que resultan más difíciles de ejecutar. Además este sistema genera en ocasiones cierto ruido de interferencias si existen objetos metálicos en la escena, alterando el resultado de los movimientos capturados.





3. **Ópticos:** este sistema consiste en una serie de bolitas reflectoras que se adhieren al cuerpo estratégicamente situadas (*ver imagen 2.25*). Gracias a un conjunto de cámaras infrarrojas se puede seguir el movimiento de cada uno de los reflectores que lleva el actor mientras se realiza la captura.



Imagen 2.25 Traje especial de esferas reflectantes para la captura de movimiento por sistema óptico. Arriba de la imagen se observan las cámaras infrarrojas emitiendo luz.

Para poder obtener las posiciones de estos reflectores se necesita la imagen de al menos dos cámaras, debido a que cada cámara obtiene una imagen 2D de la posición de los reflectores, al parametrizar la posición del reflector respecto de dos puntos diferentes (dos cámaras), se puede crear la imagen 3D en el espacio. De esta limitación surge el primer gran inconveniente ya que en muchas ocasiones alguno de los marcadores no es captado por dos cámaras y por lo tanto se pierde durante unos segundos, obligando de esta manera a realizar una labor de posproducción en la que se debe de reconstruir el movimiento no capturado. Este problema se soluciona cuando se dispone de un gran presupuesto y a su vez de un gran equipo con gran cantidad de cámaras, las cuales aseguran el seguimiento de todos los marcadores reflectantes y también permiten trabajar en tiempo real con varios actores, creando escenas de lucha, baile o cualquier tipo de interacción entre personas.





La gran ventaja de estos sistemas es la libertad de movimiento, ya que no existe ningún tipo de cableado o estructuras rígidas pegadas al cuerpo como en los casos anteriores. Los actores realizan todo tipo de movimientos sin ninguna preocupación, consiguiendo resultados muy realistas y naturales.

Para la realización de este proyecto se ha podido utilizar un sistema óptico basado en cámaras de tecnología infrarroja, que pertenece al Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), que ha permitido el acceso sin inconvenientes a sus instalaciones y ha ofrecido su ayuda en el manejo y comprensión del sistema.





3. Desarrollo del proyecto

| | |
|---|----|
| 3. Desarrollo del proyecto | 49 |
| 3.1 Herramientas utilizadas | 52 |
| 3.1.1 Sistema óptico Vicon 460 | 52 |
| 3.1.2 Autodesk 3D Studio Max | 59 |
| 3.2 Situación inicial | 60 |
| 3.3 Rigging del actor virtual | 61 |
| 3.4 Captura de movimiento | 64 |
| 3.4.1 Preparación | 64 |
| 3.4.2 Capturas | 65 |
| 3.4.3 Exportación e importación | 74 |
| 3.5 Modificación del rigging de los actores | 80 |
| 3.5.1 Boy | 80 |
| 3.5.2 Pilar | 86 |
| 3.5.3 Maxine | 95 |





3.1 Herramientas utilizadas

En este apartado se hará una breve descripción de los distintos soportes que han sido necesarios para la realización de este proyecto.

3.1.1. Sistema óptico Vicon 460

Como se ha mencionado anteriormente, para el proceso de captura de movimiento se ha empleado un sistema óptico perteneciente al I3A. Este sistema de altas prestaciones es el denominado Vicon 460 [20]. Es un sistema de captura de movimiento creado por el grupo “Vicon Motion Systems” de Oxford (UK) y el grupo Peak Performance Technologies Inc. de Colorado (USA), los cuales, fusionados bajo el nombre de Vicon, son una de las marcas destacadas y de referencia en el ámbito del mocap (*ver imagen 3.1*).



Imagen 3.1 Sede central de la empresa Vicon en Oxford (UK)

A continuación se detallará sin profundizar, los componentes de este sistema. Diferenciando dos partes principales: el hardware o parte física del sistema y el software o los programas y aplicaciones que son ejecutados en él [21].





Hardware

Los elementos básicos que incluye el soporte hardware del sistema Vicon 460 son: las cámaras, un procesador de datos o “datastation”, un ordenador central o “workstation”, y por último unos marcadores reflectantes.

1. **Cámaras infrarrojas:** Debido al reducido espacio del laboratorio donde está instalado el sistema, éste tan solamente utiliza 6 cámaras de la marca Vicon, modelos MCam-2. Aunque es recomendable poder contar con un número mayor de cámaras, con 6 es suficiente para cubrir todos los ángulos, y para ello se acoplan a unos trípodes situándolas a la altura necesaria para que la captura realizada sea óptima (*ver imagen 3.2*).



Imagen 3.2 Cámara MCam-2 anclada a trípode de suelo (izquierda), y sujeta a una barra superior a la altura del techo (derecha).





Estas cámaras están formadas por una serie de lámparas LED, que emiten rayos de luz infrarroja (*ver imagen 3.3*).



Imagen 3.3 Cámara de la compañía Vicon. Se observa la luz infrarroja de los led's.

Aparte de las cámaras infrarrojas se dispone de una cámara de video estándar (*ver imagen 3.4*), para poder grabar las sesiones y observar los movimientos que se han realizado. Esto facilita el trabajo de retoque que se debe de realizar a las capturas.



Imagen 3.4 Cámara de video estándar para grabar las sesiones de "mocap".





2. **Datastation:** es la encargada de recoger, procesar, y sincronizar las señales que envían las 6 cámaras infrarrojas, además de cualquier otro tipo de señal adicional que se conecte, como la cámara de video estándar, micrófonos, etc. (ver imagen 3.5).



Imagen 3.5 Procesador "Datastation" del sistema Vicon 460. En el display se observa la sincronización de las 6 cámaras del laboratorio del I3A.

3. **Workstation:** es un ordenador de gama media-alta, que permite modificar y visualizar las capturas gracias al software que incorpora. Este ordenador se conecta mediante una red local con la "datastation", la cual envía las señales recibidas de las cámaras sincronizadas y digitalizadas.
4. **Marcadores:** son pequeñas esferas recubiertas de material reflectante (ver imagen 3.6), que se acoplan al cuerpo en puntos clave. Los rayos de luz infrarroja de las cámaras se reflejan en las esferas, y de esta manera es posible seguir el movimiento de los puntos clave, y a su vez el movimiento global de la persona que esté actuando.





Imagen 3.6 Esferas de material reflectante. Accesorios para las muñecas (izquierda), y para la cabeza (derecha).

Además de estos marcadores, también se incluye un kit de calibración necesario para ajustar el sistema antes de realizar cualquier sesión de captura (ver imagen 3.7).

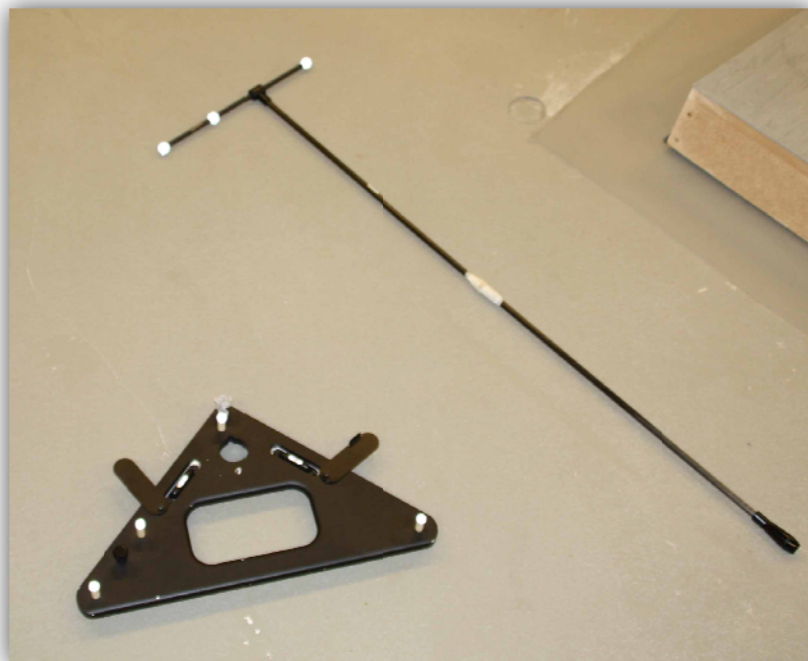


Imagen 3.7 Kit de calibración estática (izquierda), y dinámica (derecha).





Aparte de este hardware básico, también se dispone de sensores de presión, sensores EMG (electromiógrafos), utilizados para medir la actividad muscular, y una plataforma de fuerzas situada a nivel del suelo (*ver imagen 3.8*), la cual permite calcular las fuerzas ejercidas sobre ella (al pisar, realizar una voltereta, etc.). Estos elementos no se han utilizados para las capturas de movimiento de actores, dado que no aportan ningún dato necesario para estás, pero son muy interesantes si se quieren realizar estudios de ergonomía, médicos o deportivos.

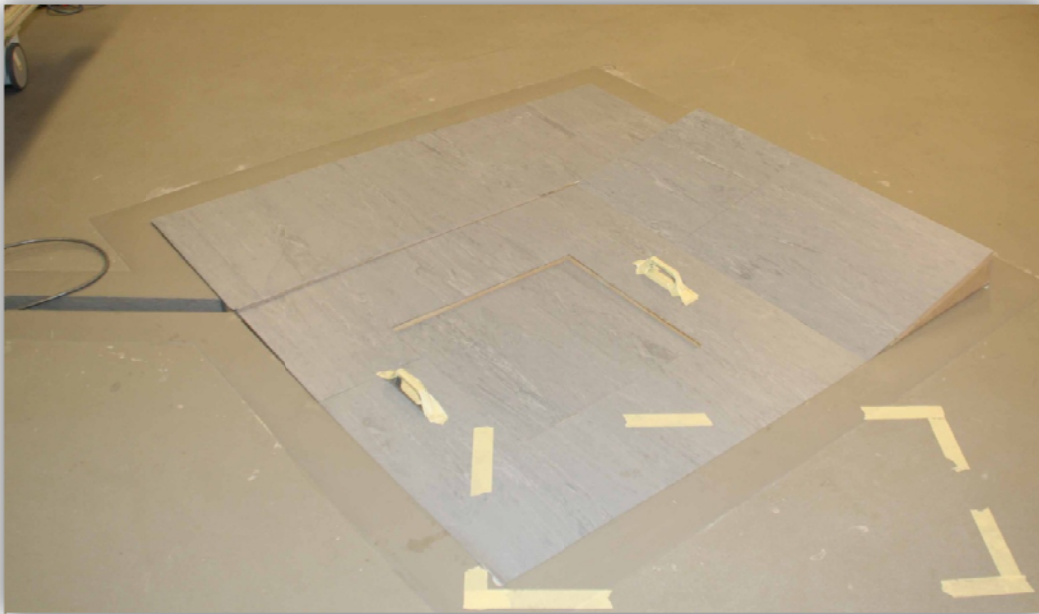


Imagen 3.8 Plataforma de presión del laboratorio I3A.





Software

En un sistema óptico se requiere un trabajo minucioso de retoque post-captura. Debido a que toda la información que aportan las cámaras debe ser traducida, sincronizada, y editada para su posterior visualización. Para ello el sistema Vicon incorpora potentes aplicaciones:

1. **Workstation v.4.6.** : es la aplicación base, sirve de interfaz para el control del sistema y su calibración. Además se encarga de procesar todas las capturas.
2. **Body Builder v.3.6.** : este software permite crear los modelos de movimiento para su posterior acoplamiento al personaje virtual, es decir, que a partir de las posiciones de los marcadores es capaz de crear el modelo del esqueleto virtual del actor que se esté capturando. También permite editar y perfeccionar todas las trayectorias de las gráficas de los movimientos capturados, para que estas estén completas y queden suavizadas. También puede reconstruir yendo, en algunos casos, puntos en los que se haya perdido información porque las cámaras no hayan detectado alguno de los reflectores.
3. **Polygon:** con este programa se preparará y exportará el fichero de captura de movimiento, en el formato que mejor se adapte a la aplicación de animación con la que se estén trabajando los actores virtuales. En este caso será preparada para que sea compatible con 3D Studio Max.
4. **Vicon Real-time:** este software permite la reconstrucción y visualización en Polygon de datos de captura en tiempo real.
5. **Eclipse:** es un gestor de datos de las capturas de movimiento utilizado en las aplicaciones “Workstation” y “Polygon”.





3.1.2. Autodesk 3D Studio Max



Este es el software que se ha utilizado para realizar toda la labor de creación y edición 3D que requería el proyecto. Se ha seleccionado esta aplicación entre las diversas opciones debido a que cumplía todos los requisitos:

1. **Actores virtuales:** permite el modelado y modificado de cualquier tipo de malla. Además incluye sistemas propios de esqueletos virtuales que han servido de gran ayuda para realizar el rigging (*asociado de malla y esqueleto ver apartado 2.1.3*).
2. **Captura de movimiento:** se pueden incluir perfectamente capturas de movimiento. Aunque como se explicará más adelante, han surgido ciertos problemas de importación por las extensiones de los archivos de captura.
3. **Personajes del GIGA:** los personajes sobre los que se ha desarrollado el proyecto han sido creados con 3DS Max, y aunque se podrían haber exportado a otras aplicaciones, siempre es más recomendable no cambiar el software debido a los problemas que se pueden llegar a generar.
4. **Motor grafico Maxine:** el motor grafico Maxine con el que trabaja el grupo GIGA, necesita que los actores que se incluyan en él cumplan ciertos requisitos (*ver apartado 1.2.1*). Se disponía de los plugins necesarios para realizar las exportaciones al formato cal3D, que es el que soporta Maxine, desde el software de 3DS Max.
5. **Texturizado y rendering:** 3D Studio Max permite la creación de todo tipo de texturas. Además incluye un potente motor gráfico, que permite crear cualquier iluminación para obtener renders de calidad.
6. **Experiencia:** antes de empezar el proyecto, el autor, poseía nociones básicas sobre este software gracias a la asignatura de “*diseño asistido por ordenador*” que se había impartido en el 2º curso de la carrera. Aunque para el desarrollo de este proyecto se ha tenido que realizar una labor profunda de investigación, para poder controlar todos los aspectos sobre actores virtuales que incorpora el software.





3.2. Situación inicial

El proyecto se planteó con el objetivo principal de conseguir animaciones de un mayor realismo (*ver apartado 1.4.*). Para ello, desde un primer momento, solo se pensó en utilizar animaciones conseguidas a través de capturas de movimiento de actores reales, para implementarlas posteriormente a los actores virtuales.

Además para conseguir un mayor realismo, la intención de este proyecto consistía en aplicar las animaciones de mocap conseguidas a un actor que poseyese un gran nivel de acabado, es decir, que la malla del personaje virtual estuviera formada por una gran cantidad de polígonos que simulasen a la perfección la piel de un ser humano real.

Teniendo en cuenta todo esto, se planteó adquirir un actor con mayor resolución que los existentes pero no demasiado pesado, para que las animaciones resultantes fuesen lo más realistas posibles.

Para ello se realizó una campaña de búsqueda en varias páginas webs. A lo largo del desarrollo del proyecto se fueron barajando diferentes opciones, y seleccionando los posibles candidatos que se ajustaban a las necesidades y requisitos que se buscaban.

Finalmente las animaciones desarrolladas se han implementado en los actores principales que hoy en día utiliza el GIGA (Maxine, Pilar y Boy, *ver imagen 3.9*), ampliando así su biblioteca de movimientos y mejorándolos en realismo. Aunque en un futuro se podrán aplicar al modelo que se adquiriera.



Imagen 3.9 Personajes virtuales del grupo GIGA, “Maxine”, “Pilar” y “Boy” (de izquierda a derecha)





3.3. Rigging del actor virtual

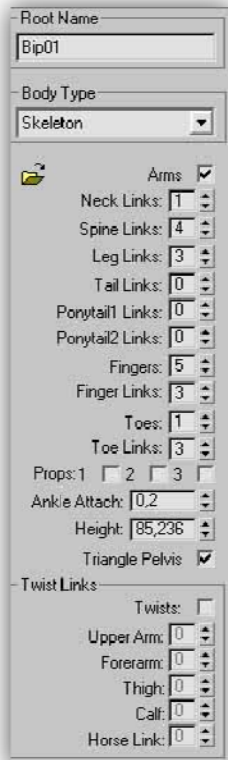


Imagen 3.10 Cuadro de opciones del sistema biped de 3DS Max.

Mientras se realizaba la campaña de búsqueda de un actor adecuado a los requisitos, se realizó una prueba de rigging (*ver apartado 2.1.3.*), para conseguir solucionar todos los problemas que fueron surgiendo y posteriormente aplicar lo aprendido sobre el nuevo modelo 3D.

Lo primero que se hizo fue crear el esqueleto virtual que permitiría animar al personaje. Para ello existen varias opciones como se explicó en el apartado 2.1.1. Se optó por el sistema bípedo que ofrece el programa 3DS Max.

Como se observa en la imagen 3.10, 3DS Max permite controlar ciertos aspectos que se desee incorporar al “biped”. Para poder tener un mayor nivel de detalle en la zona de las manos, el “biped” fue creado con los cinco dedos y con los tres huesos por dedo correspondientes a sus falanges (*ver imagen 3.11*).

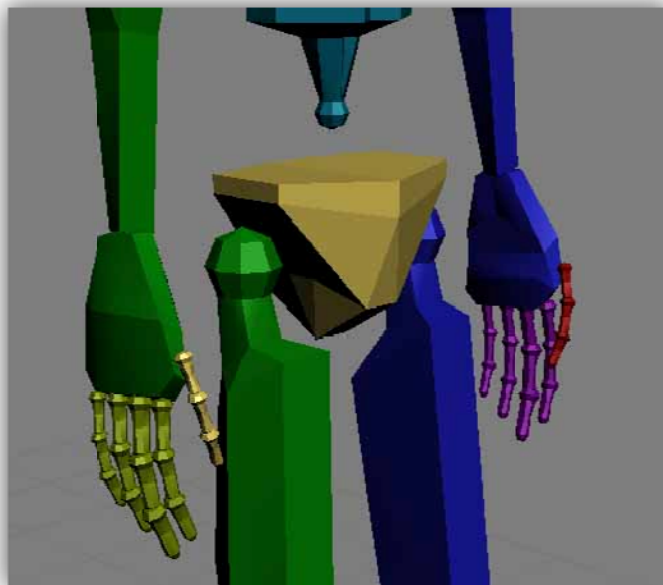


Imagen 3.11 Manos de un “biped” del programa 3DS Max.





Una vez que el “biped” ha sido creado éste debe de adaptarse en altura y dimensiones de las articulaciones, a la malla del actor. Para ello se alargaron y ensacharon los huesos que fueron necesarios, manteniendo la estructura del esqueleto.

Después de estos pasos iniciales se empezó realmente con el rigging, la vinculación de este esqueleto a la malla del actor virtual.

Como se explica en el apartado 2.1.3, existen dos maneras de realizar el proceso de rigging con el software de 3DS Max. Inicialmente se realizó el rigging mediante el plugin “physique”, y después de retocar y modificar la asociación de varios vértices que por defecto el programa ha vinculado erróneamente, se consiguió que el modelo se moviera de forma adecuada. Posteriormente se probó a cargar el modelo en el motor gráfico “maxine”, para comprobar que éste podía renderizarlo sin ningún tipo de problema. Pero el motor gráfico era incompatible con el plugin “physique” con el que se había realizado la laboriosa tarea de rigging, por lo que se volvió a empezar de cero con la asociación de la malla del modelo.

Se anuló la vinculación realizada a través del plugin “physique” y se inició el proceso mediante la segunda opción que ofrece el programa, el plugin “skin” (ver apartado 2.1.3).

Al igual que con el proceso anterior, se tuvo que retocar y modificar la vinculación que el programa ofrece por defecto. Esta es la parte que más tiempo requiere porque se debe ir cambiando el porcentaje numérico de asociación de cada vértice, habiendo más de 30.000 vértices en la malla del modelo de prueba. Los vértices que más se deben de retocar hasta que la malla se comporte de forma natural cuando se mueva el esqueleto, son los de las zonas de pliegues, es decir, en las articulaciones. En éstas la malla se pliega y debe de hacerlo de manera realista, para que la malla no presente arrugas abruptas sino suavizadas (*ver imagen 3.12*).



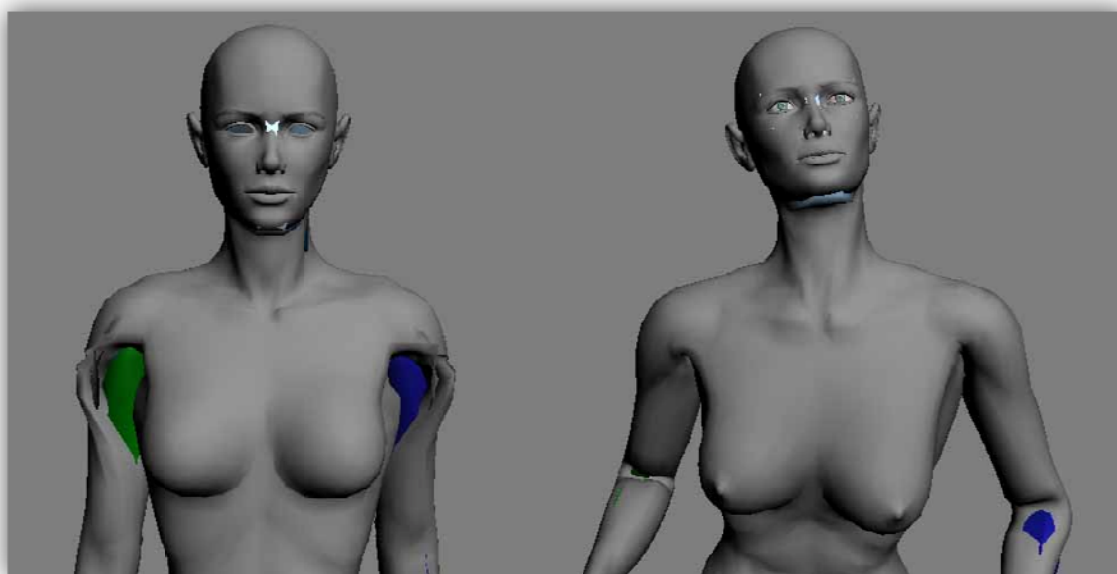


Imagen 3.12 Deformación errónea del pliegue axilar (izquierda),
correcta deformación de la malla en el pliegue axilar (derecha)

Una vez solucionados todos los problemas encontrados en el proceso de rigging, se tiene el modelo asociado con éxito a una estructura esquelética. Ahora es el momento de empezar a experimentar con el sistema óptico de cámaras infrarrojas del laboratorio del I3A, para conseguir las capturas de movimiento deseadas y poder implementárselas al actor virtual.





3.4. Captura de movimiento

Antes de empezar a realizar cualquier sesión de captura de movimiento se deben de realizar unas fases previas de planificación y preparación, donde se realizarán los ajustes y calibraciones del sistema necesarios que se explicarán a continuación. Además de la adecuación de la sala donde se va a realizar la acción, y por ultimo lo más importante, la preparación del actor que ejecutará los movimientos.

3.4.1 Preparación

La disposición del equipo es muy importante en la instalación, porque según la colocación y distribución de las cámaras, queda determinado el espacio tridimensional de trabajo, es decir, el volumen por el que los actores se podrán mover para que las cámaras puedan seguir sus acciones.

Una vez fijadas e instaladas las cámaras en sus correspondientes lugares, hay que realizar la correspondiente calibración del sistema. Esta fase del trabajo requiere de bastante tiempo si se quieren obtener unos datos de captura precisos. En esta calibración se determina la posición global de cada una de las cámaras y se establece un origen de coordenadas común para que los datos de cada cámara puedan ser procesados bajo un mismo criterio.

Aun habiendo realizado una correcta instalación y calibración del sistema, antes de empezar cualquier sesión de captura se debe de comprobar el funcionamiento de cada cámara. Para ello se utilizan las siguientes herramientas de calibración que se observan en la imagen 3.13.



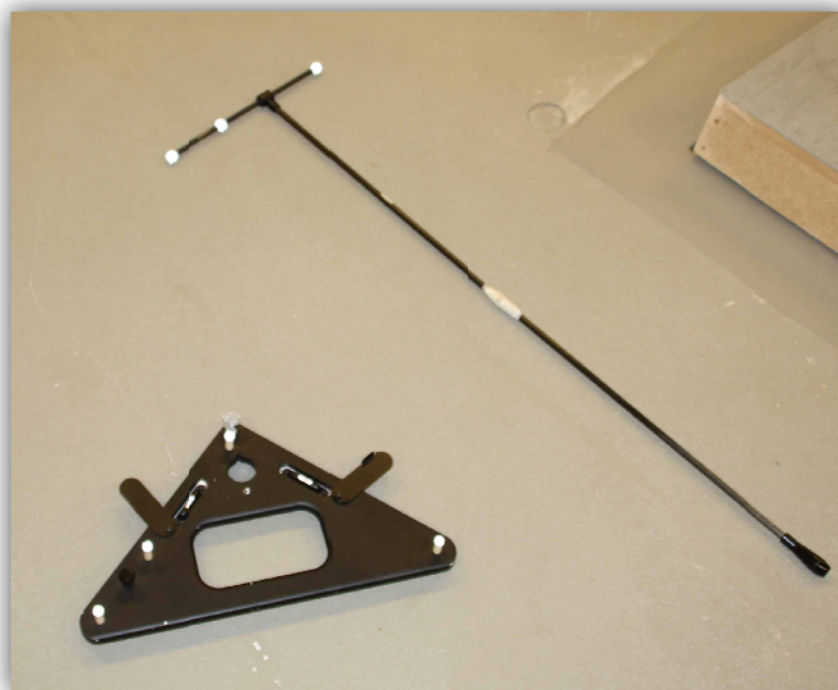


Imagen 3.13 Kit de calibración estática (izquierda), y dinámica (derecha).

Después de todos estos procesos, ya se está preparado para empezar a capturar movimientos con el actor.

3.4.2 Capturas

Antes de aventurarse a cualquier sesión de captura de movimiento para animación, se debe realizar una fase de planificación, es decir, hay que realizar el guion previo en el que se detallarán los movimientos que se necesitan capturar, y en el que se bocetarán las posiciones clave que no deben de faltar, es lo que se denomina con la palabra “sketch” (*ver imagen 3.14*). Esta técnica es la que se sigue antes de realizar cualquier rodaje, ya sea de películas o series. Es una fase muy importante para conseguir que las capturas que se realicen sean lo que realmente se está buscando. Además en caso de que se tuviese que alquilar el sistema de captura, es necesario que las ideas se tengan claras antes de empezar la sesión para que ésta se realice en el menor tiempo posible, ya que el costo del equipo por horas es bastante elevado.





Imagen 3.14 Sketch de la sesión de “mocap” realizada para el desarrollo de este PFC.

La elección del actor que ejecutará los movimientos a capturar es también un factor crucial para que se obtengan buenos resultados. Como se verá en el apartado 4.1, si la morfología del personaje virtual difiere en gran medida del actor real, los resultados de la animación no serán del todo satisfactorios, provocando que los movimientos parezcan un poco antinaturales.

La actriz que se seleccionó para realizar la sesión de captura de movimiento se adecuaba al perfil del personaje virtual la robot_Maxine, debido a que este personaje era el objetivo prioritario, al ser el actor virtual más importante para el GIGA en estos momentos.

Una vez que se han planificado cada uno de los movimientos y se ha elegido a un actor con características similares al personaje virtual, se puede empezar con la sesión de mocap. Para ello se debe de preparar al actor para que el sistema óptico pueda detectar sus movimientos.





Para permitir la lectura de los movimientos del actor, hay que colocar una serie de marcadores (esferas reflectantes, “ver imagen 3.15”), los cuales reflejan los rayos infrarrojos que emiten las cámaras permitiendo que estas detecten la posición de cada uno de ellos en todo momento, y de esta manera puedan reconstruir el movimiento que ha realizado el actor.

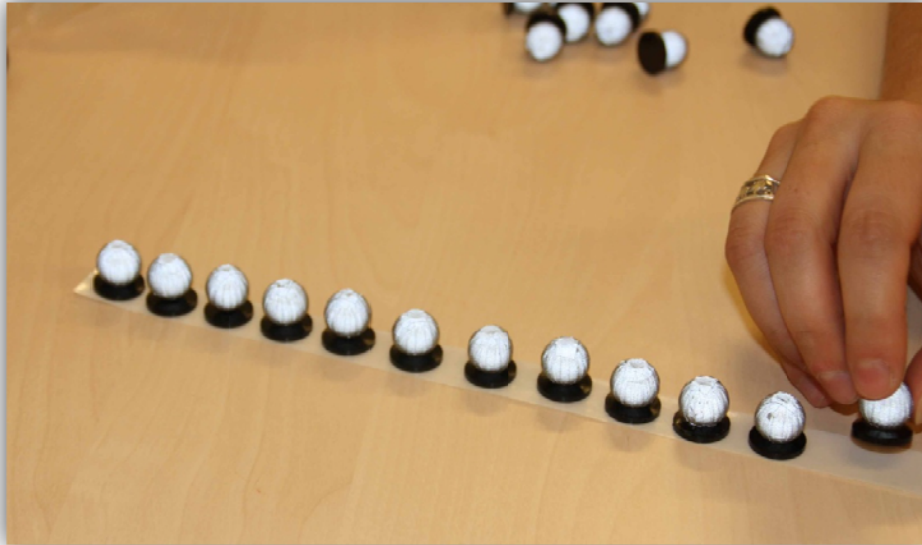


Imagen 3.15 Colocacion de material adhesivo a de las esferas reflectantes.

Estos marcadores tienen que tener una disposición fija sobre el cuerpo del actor, ya que si cambiasen su posición respecto del cuerpo del actor a lo largo de la sesión de captura, el movimiento resultante que se obtendría sería erróneo. Es por ello que los marcadores se sitúan en puntos clave del cuerpo mediante un potente adhesivo (ver imagen 3.15). Además para que puedan ser referenciados con puntos internos del esqueleto del actor, estos deberían de estar en el propio esqueleto. Como esto no es posible, se colocan preferiblemente sobre la piel del actor o sobre trajes que se ajustan a su cuerpo.





En nuestro caso al no disponer de trajes especiales ajustables al cuerpo humano, y debido al cierto pudor que podía generarse en los actores que realizaron las sesiones, se colocaron los marcadores sobre ropa lo más ajustada posible (*ver imagen 3.16*).



Imagen 3.16 Colocacion de los marcadores reflectantes sobre las actrices.

Ester Pérez (izquierda), Paula Peña (derecha).





En las capturas realizadas para este proyecto se utilizó una disposición de marcadores específica, la cual corresponde a la utilizada por el formato CSM de Character Studio (ver imagen 3.17). Este formato de extensión es con el que más convenía trabajar dado que el software con el que después se incorporarían las capturas al actor virtual es 3D Studio Max, y éste admite dicho formato.

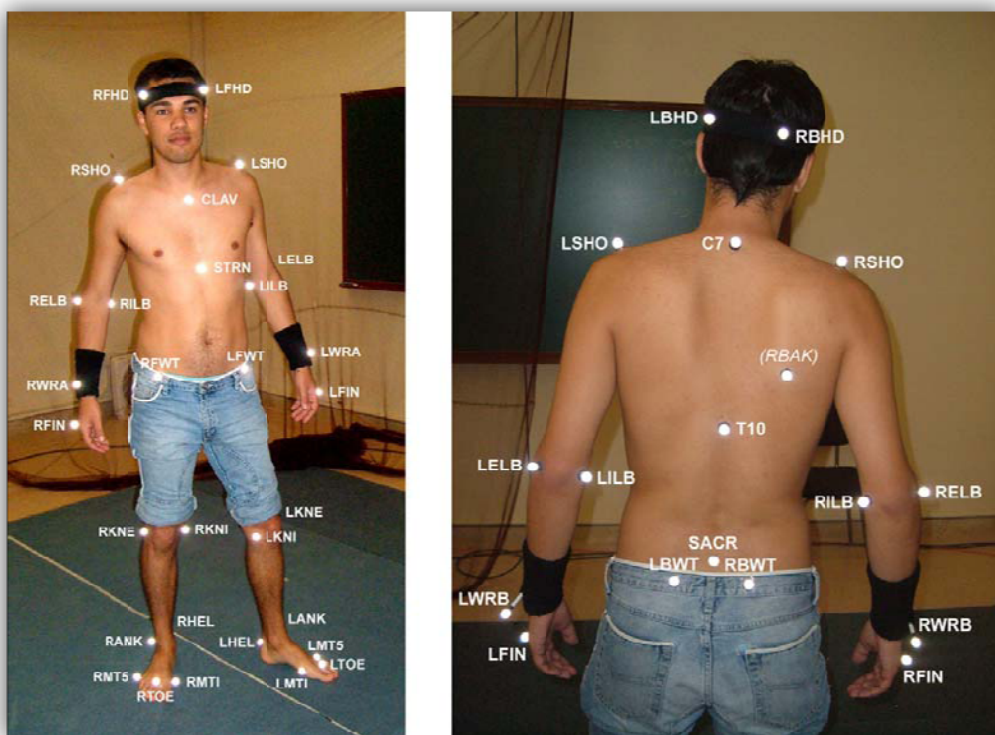


Imagen 3.17 Configuración de marcado del formato CSM.

Algunos de los marcadores definidos son opcionales y se utilizan para facilitar la tarea de importación. RBAK no pertenece al formato CSM y se utiliza solamente en el sistema Vicon para ayudar a romper la simetría y distinguir más fácilmente el lado derecho del izquierdo.

Un aspecto importante que se debe considerar es el ruido reflexivo, es decir, las señales reflejadas por todos los objetos o superficies que interactúen con la luz infrarroja emitida por los LEDs de las cámaras. , debido a que se detectarían como posibles marcadores y crearían confusiones en las capturas. Por esta causa se tuvo que tapar con cinta adhesiva un adorno del pantalón que utilizó la actriz en la primera sesión que se realizó.





Después de haber completado la fase de colocación de marcadores sobre el actor, se prosigue con la sesión de mocap. Antes de empezar a realizar movimientos se debe identificar cada marcador utilizando una nomenclatura adecuada, para poder después asociar los puntos entre si y formar el esqueleto virtual. Para ello se realiza una primera captura denominada estática, dado que el actor permanecerá inmóvil en la posición “T” o de reposo (ver imagen 3.18), permitiendo que todas las cámaras de la sala ubiquen los marcadores en el espacio. Esta captura estática es esencial para poder realizar correctamente la sesión, además de que facilitará enormemente el procesado posterior de las capturas dinámicas. Para todas las capturas se utilizó la aplicación “Workstation” (ver apartado 3.1.1), con la que se pudo controlar y configurar todo el hardware que se empleó.

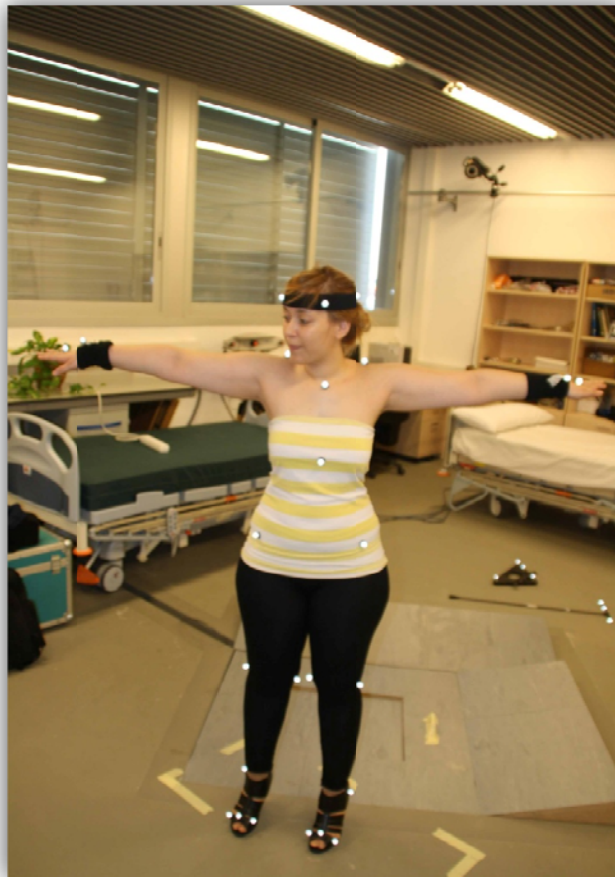


Imagen 3.18 Posición estática “T”.





Una vez se ha realizado una captura, el software recoge las imágenes 2D que proporcionan cada una de las cámaras y las procesa todas juntas para conseguir determinar la posición de cada marcador en el espacio. Este proceso se denomina reconstrucción y es posible gracias a algoritmos de triangulación que realiza el software comparando las imágenes 2D que proporcionan las cámaras.

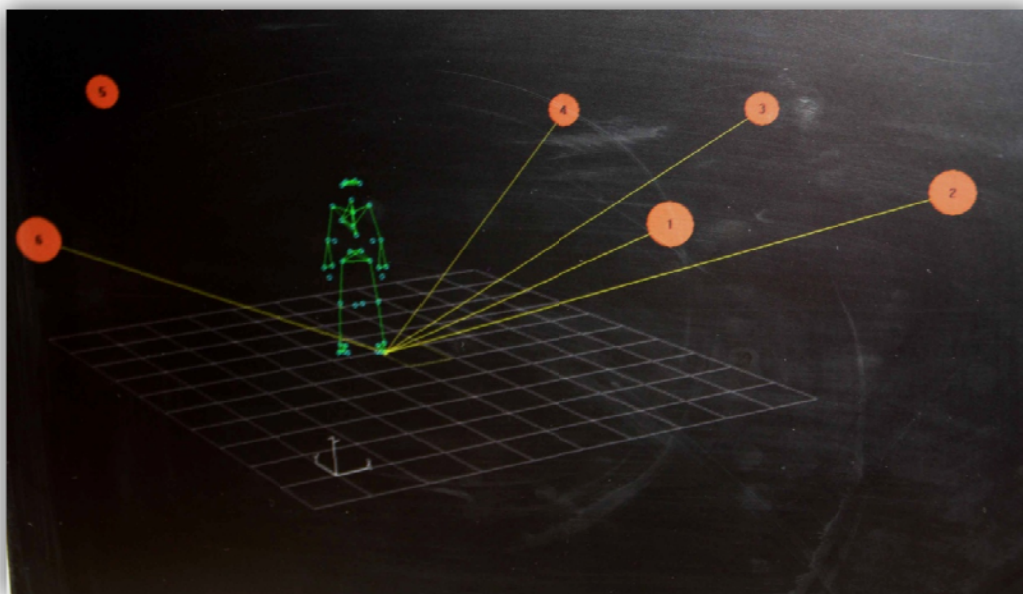


Imagen 3.19 Interfaz de "Workstation". Un marcador del pie es observado por 5 de las 6 cámaras de la sala.

En el proceso de reconstrucción siempre surgen problemas, uno de los más comunes es la oclusión de algún marcador en un instante de tiempo de la captura realizada. Este problema es debido a la falta de información en la fase de reconstrucción que realiza el software. Como se ha dicho la reconstrucción compara las imágenes 2D proporcionadas por las cámaras para poder determinar la posición tridimensional de los marcadores. Para poder situar un marcador en el espacio se necesitan como mínimo tres imágenes 2D de diferentes cámaras, es decir, cada marcador debe ser observado como mínimo por tres cámaras durante la captura (dos son necesarias desde un punto de vista teórico, tres permite añadir redundancia y mejorar la precisión). En el laboratorio solo se disponía de 6 cámaras (*ver imagen 3.19*), las cuales en algunos movimientos no eran capaces de cubrir todos los ángulos, y por consiguiente algunos marcadores se perdían en la reconstrucción durante un instante de tiempo. En la imagen 3.20 vemos un ejemplo, se observa que el marcador de la cadera se pierde en durante un instante de la captura provocando que se pierda la unión entre cadera y pierna izquierda.



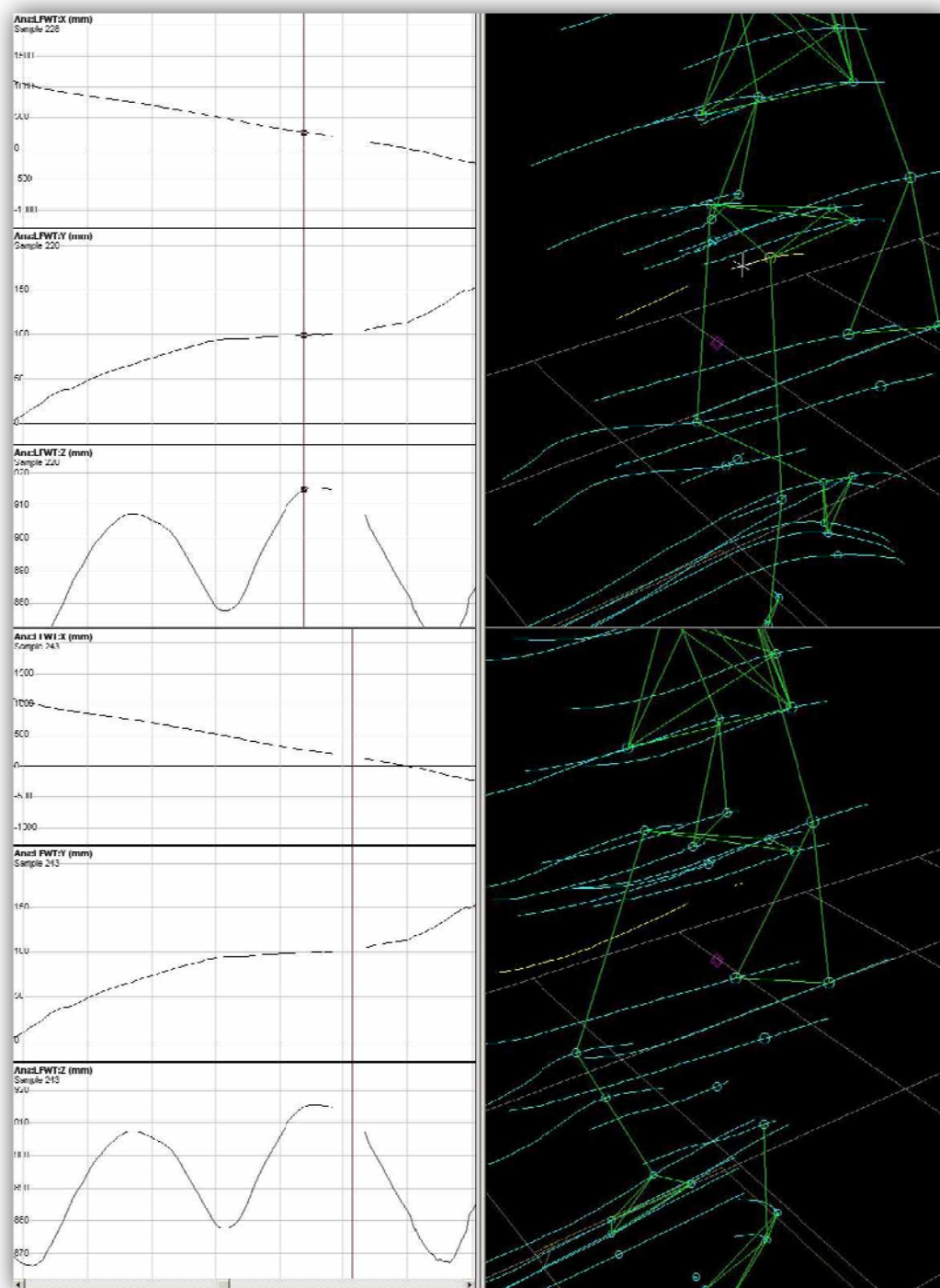


Imagen 3.20 Arriba se observa el marcador seleccionado justa antes de que desaparezca. Abajo se muestra el instante en el que el marcador de la cadera ya ha desaparecido. En la parte izquierda se observan las trayectorias de movimiento del marcador seleccionado.





Para poder subsanar este problema se aplican los algoritmos de filtrado. Esta operación se denomina en el software como “gap filling”, lo que se traduciría como rellenado de huecos. Pero su aplicación en ocasiones no resulta exitosa, debido a que solo resuelve el problema si el marcador ha desaparecido en una fracción de tiempo reducida. Cuando el marcador no ha podido ser reconstruido tridimensionalmente durante fracciones de tiempo mayor, la única solución aplicable es la manual, es decir, se tiene que colocar manualmente en el espacio virtual de la captura el marcador desaparecido. Para ello mediante el software se crea un marcador inventado y se sitúa por coordenadas en la escena capturada. El problema es que por muy perfeccionista que se sea, es casi imposible que se coloque el marcador exactamente donde debería de estar, pero si se realiza un trabajo minucioso no se notará la diferencia y el movimiento podrá ser reconstruido.

Después de haber procesado todas las capturas hay que resaltar dos problemas importantes que aparecieron en las sesiones. El primero fue la vestimenta de las actrices, que no permitía colocar los marcadores en su posición exacta y además al realizar ciertos movimientos la ropa se arrugaba desplazando el marcador de su posición original, provocando que los resultados no fueran 100% precisos. El segundo problema más complejo que se ha encontrado fue la oclusión de marcadores, la cual como hemos comentado requiere paciencia y tiempo para poder subsanarla.





3.4.3 Exportación e importación

Con las capturas procesadas y reconstruidas, lo único que queda es exportarlas para poder trabajar con ellas en el software de modelado y animación 3D con el que se vaya a trabajar, en este caso 3DS Max.

El sistema Vicon 460 con el que se ha realizado las capturas, utiliza un formato de datos propio denominado C3D. Este formato lamentablemente no es soportado por la gran mayoría de las aplicaciones de modelado y animación de 3D, y por consiguiente 3DS Max tampoco lo soporta. Por lo que era necesario realizar una exportación de datos a otro formato, para ello existen plugins de exportación que permiten la conversión de las capturas al formato que se necesite.

Para importar capturas de movimiento en el software 3DS Max, se observó que este programa aceptaba tres tipos de formatos: BVH, CSM y BIP. Este último es el más adecuado debido a que es el propio del software, es decir, el que el programa genera cuando se crean animaciones con sistemas bípedos (ver apartado 2.2.2), y como los esqueletos para articular a los actores virtuales han sido creados a partir de los sistemas bípedos que ofrece 3DS Max (ver apartado 3.2), el formato BIP parecía ser el seleccionable para exportar las capturas.

El problema surgió cuando se observó que el sistema Vicon 460 no permite la exportación al formato BIP, ya que no existe ningún plugin para esta operación. Por consiguiente fue obligatorio trabajar con los dos formatos restantes, BVH y CSM.

Antes de decantarse por uno de ellos, se estudió las diferencias que existen en los datos que almacenan cada uno de los formatos. Todos ellos se pueden clasificar según dos tipos de datos distintos, los que almacenan segmentos y los que por el contrario se centran en los marcadores [18]. El formato CSM es del tipo marcadores, es decir, lo que almacena son las coordenadas cartesianas iniciales de cada marcador respecto de un origen determinado al principio de la captura y sus posteriores translaciones. Por el contrario el formato BVH es del tipo segmentos, por lo que almacena las posiciones y rotaciones de los segmentos en los que divide el esqueleto capturado, utiliza como referencia un sistema de coordenadas global o sino respecto de otro segmento (si están jerarquizados).





Aunque solo interesa trabajar con una de las dos anteriores extensiones, en la siguiente tabla (*imagen 3.21*) se puede observar los distintos formatos de captura más popular que existen y del tipo que son. También se muestra si el formato de captura se codifica mediante texto o código binario. Como en todos los casos el código binario aporta una reducción de tamaño al ser más compacto, aunque con los de tipo texto se podrá leer y modificar muy fácilmente los datos que almacene el archivo.

| Nombre / Aplicación | Extensión | Marcadores / Segmentos | Binario / Texto |
|------------------------|-----------|---------------------------|--------------------|
| Acclaim | asf, amc | Segmentos | Texto |
| Biovision | bvh | Segmentos | Texto |
| Character Studio* | csm | Marcadores | Texto |
| Character Studio* | bip | Segmentos | Binario |
| DotXSI* | xsi | Marcadores | Texto |
| Filmbox | fbx | Marcadores | Binario |
| Motion Analysis | htr, trc | Marcadores | Texto |
| Superfluo | mcd | Marcadores | Texto |
| Vicon | c3d | Ambos | Binario |

* Realmente no son formatos de captura sino formatos de animación propios de aplicaciones de modelado 3D

Imagen 3.21 Formatos de captura de datos.

Como se aprecia en la tabla BVH y BIP pertenecen al tipo de formato de exportación que almacena segmentos, debido a que se busca trabajar con el formato que más se parezca a BIP, se decidió probar inicialmente con BVH.





Al importar los datos de una de las capturas al personaje virtual, se observa que ciertas partes del cuerpo no se comportan como deberían. Esto se debe a que el formato BVH referencia sus segmentos respecto de otros segmentos, según una jerarquización que establece el plugin al exportar los datos de captura. Para intentar solucionar este problema se buscó un programa de software libre llamado “*bvhacker*”. Esta aplicación permitía editar los archivos de extensión BVH, el inconveniente era que su aprendizaje parecía bastante complejo. En la *imagen 3.22* se observa la interfaz de este software con el que se estuvo intentando solucionar el problema surgido.

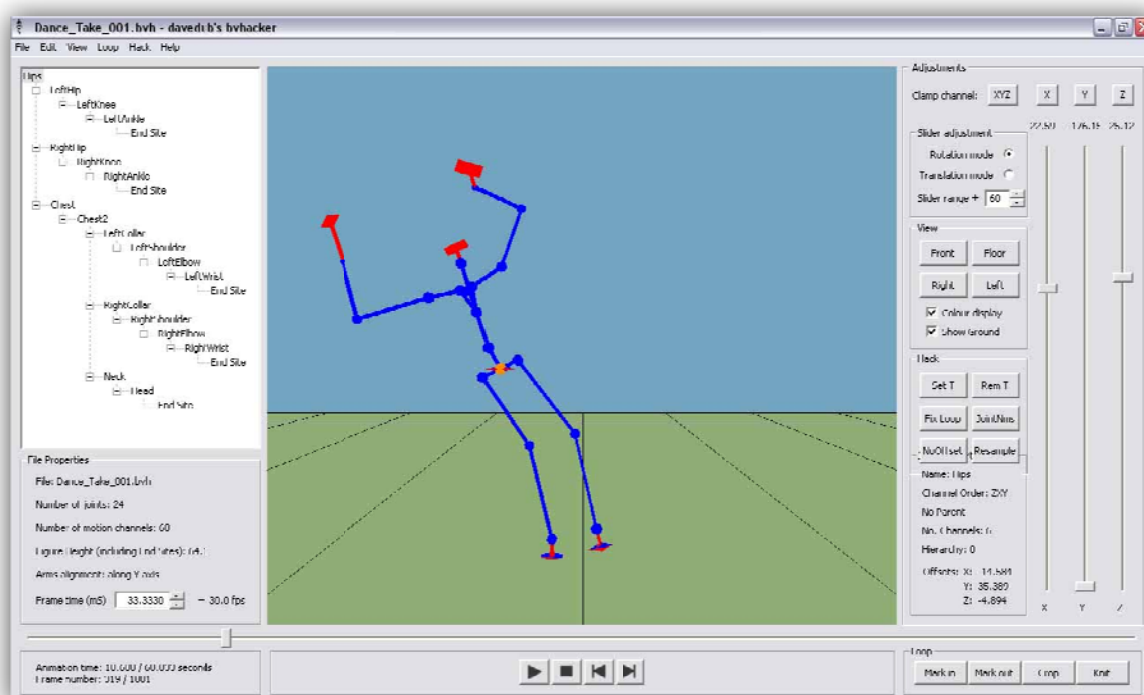


Imagen 3.22 Interfaz del programa “bvhacker”.

Mientras se realizaba el aprendizaje sobre el manejo del programa “*bvhacker*”, se exportó y probó con el formato de extensión CSM, el cual también permitía la importación de datos en el software de animación 3D Studio Max.





En este caso también se observó un serio problema. El esqueleto virtual asociado a la malla del personaje sufría un reescalado que modificaba los tamaños de los huesos que lo componían. Como se observa en la *imagen 3.23* este proceso provocaba que la malla se deformase en gran medida debido a que sus vértices estaban asociados a los huesos por el proceso de rigging (ver apartado 3.3).

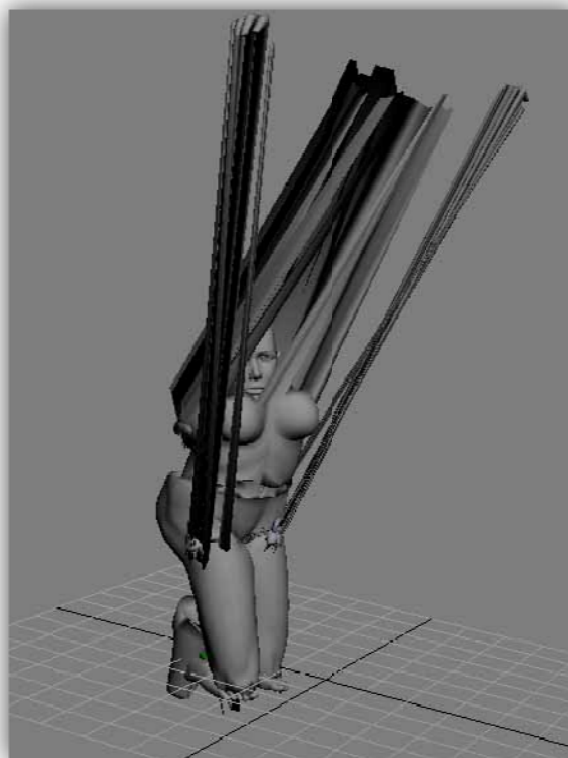


Imagen 3.23 Error al cargar el archivo CSM en el personaje virtual maxine.

Como se ha explicado anteriormente, el formato CSM almacena los datos respectivos de cada marcador, guardando sus coordenadas iniciales. Es decir que coloca unos marcadores de otros a una distancia inamovible puesto que guarda las dimensiones de la actriz real que ha realizado la captura. Debido a que el personaje virtual no tiene las mismas medidas que nuestra actriz, su esqueleto se redimensiona adoptando las medidas que le han sido importadas, provocando que la malla sufra una gran deformación irreparable.





La solución a ambos problemas pasaba por conseguir convertir los datos de captura al formato BIP, puesto que al ser el propio de 3DS Max, funcionaba a la perfección con los sistemas bípedos que componían los esqueletos de los actores virtuales. Se buscó a través de internet un software conversor capaz de pasar los datos de un formato a otro, pero sin ningún éxito. Después de muchas horas, pruebas y fallos, finalmente la solución se encontró en el propio software de animación 3D.

Tras exportar el fichero de la captura en el formato CSM, el cual almacena todas las translaciones y rotaciones que ha sufrido cada uno de los marcadores en la animación, se importa en 3DS Max sobre un esqueleto nuevo (un sistema bípedo). Como no tiene ninguna malla asociada aunque el esqueleto sufra el redimensionado no hay ningún problema.

A partir de la información importada, Character Studio (aplicación dentro del software 3DS Max que se ocupa de los personajes virtuales) utiliza los datos de posición de los marcadores y calcula la posición que tiene que adoptar el esqueleto en cada instante, generando la animación completa automáticamente. Este nuevo esqueleto reproduce los movimientos capturados a la perfección.

Lo que se tiene que hacer ahora es extraer la animación que Character Studio ha creado para un sistema bípedo. Como lo que en estos momentos lo que se tiene es una animación bípeda, el programa ofrece una opción que permite almacenar dichas animaciones en formato BIP (*ver imagen 3.24*). Una vez que se obtiene el formato BIP, este ya puede ser importado al esqueleto con malla asociada del actor. Ya que este formato almacena translaciones y rotaciones relativas a un esqueleto propio de 3DS Max (un sistema bípedo), por lo que permite adaptar la escala de la animación a cualquier esqueleto generado por el programa sin que se produzca la deformación de la malla.



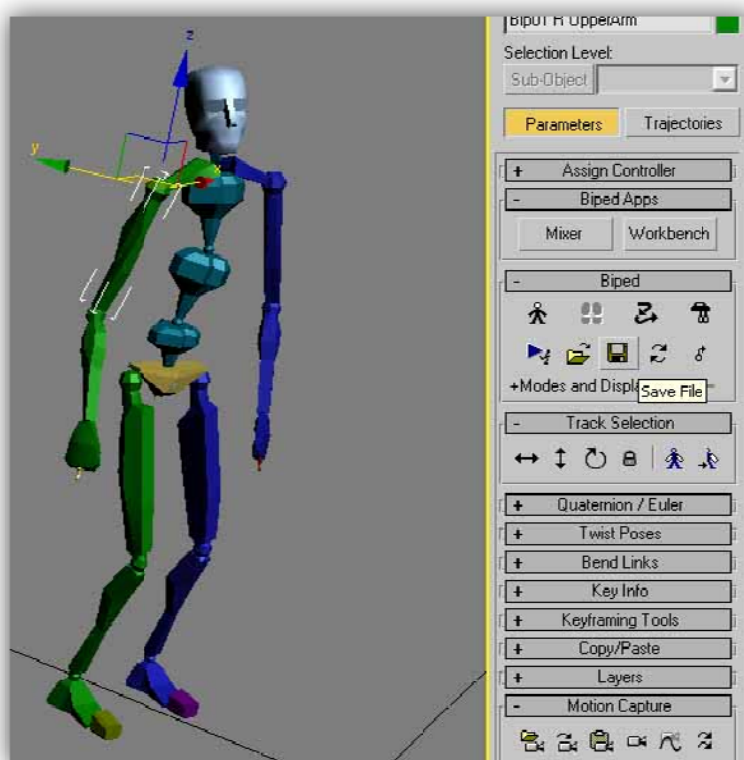


Imagen 3.24 Interfaz de 3DS Max 2009. Sistema Biped animado (izquierda). Boton de guardado de animaciones (derecha).

Con las capturas importadas con éxito en el software de animación 3D, se dió por finalizada esta fase. Pasando a la siguiente fase con objeto de comprobar si los actores virtuales reproducen fidedignamente los movimientos que se han capturado en el laboratorio con el sistema óptico Vicon 460.





3.5 Modificación del rigging de los actores

Al implementar las capturas en los distintos actores se observó que el rigging que se les había realizado cuando fueron creados no era correcto para la captura de movimiento.

El rigging que implementaban se centraba únicamente en ciertas zonas concretas. Al incorporar una captura de movimiento, todos los huesos del cuerpo se mueven en mayor o menor medida, esto provoca que ciertas partes de la malla que no estaban correctamente asociadas a sus correspondientes huesos, formaran pliegues extraños y deformaciones irregulares.

En los siguientes apartados se analizarán las modificaciones que fueron necesarias hacer en cada uno de los distintos actores (Boy, Pilar y Maxine).

3.5.1 Boy

Primeramente se mostrará un análisis de la estructura del personaje para que después se entienda de donde proceden los fallos que se generan cuando se implementa la captura de movimiento.



Imagen 3.25 Personaje virtual "Boy"

El personaje virtual nombrado "boy" (ver imagen 3.25), se componía de un esqueleto bípedo jerarquizado, que se dividía en dos partes independientes: cabeza y cuerpo. La parte de la cabeza albergaba 6 huesos para mover las cejas (3 en cada una), 2 para los pómulos (uno en cada), y 8 para el movimiento bucal (5 arriba y 3 abajo). Todos ellos como se ve en la imagen 3.28, eran independientes al resto del cuerpo debido a que estaban desjerarquizados. Se puede observar que al mover el hueso del cuello la cabeza no acompaña el movimiento al no tener ningún tipo de vínculo que los asocie.





La malla del personaje se encontraba segmentada en cuatro partes (*ver imagen 3.26*): pelo, cabeza, brazos y cuerpo (incluidas las piernas). El pelo, los brazos y la parte del cuerpo, se habían asociado al esqueleto mediante el modificador Physique, y por el contrario la cabeza había sido vinculada a través del modificador Skin (*ver apartado 2.1.3*).



Imagen 3.26 Partes de la malla del personaje “Boy”. En traslucido se muestran las partes del cuerpo y el pelo. Por el contrario totalmente definido se observan los brazos y la cabeza.





Cuando se importa una captura de movimiento al personaje, se observa la siguiente *imagen 3.27*. En ella se puede apreciar que la zona del cuello sufre una indebida asociación entre malla y esqueleto.



Imagen 3.27 Error en la malla sobre la zona del cuello.

Cuando se analiza la estructura se detecta la desvinculación entre cabeza y cuerpo (ver *imagen 3.28*), así que la primera modificación que se realizó fue una revisión de la jerarquización del personaje para que esta fuese correcta en su totalidad y que todos los huesos se encontrasen vinculados.

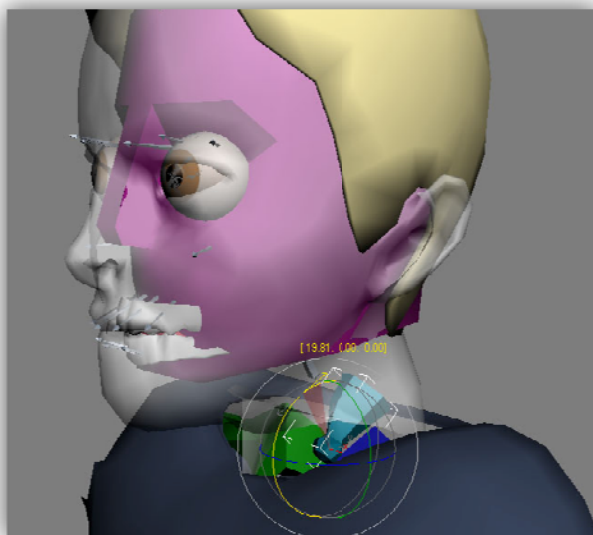


Imagen 3.28 Desvinculación entre el cuello y la cabeza.
Al realizar el giro sobre el cuello el hueso facial no lo acompaña.





Mediante la herramienta de vinculación padre-hijo, se puede asociar la cabeza con el cuello para que cuando la captura mueva el cuello, la cabeza también se traslade, de esta manera se consiguió arreglar en parte el problema que se observaba en la *imagen 3.27*.

En la *imagen 3.29* se puede observar el cambio que sufre la jerarquización después de haber realizado el nuevo vínculo entre cabeza y cuerpo.

| Name | Type | Color |
|--------------------|--------------|--------|
| Bip02 R Foot | Bone | Green |
| Bip02 R Toe0 | Bone | Green |
| Bip02 R Toe01 | Bone | Green |
| Bip02 R Toe02 | Bone | Green |
| Bip02 R Toe0Nub | Helper | Pink |
| VRayLight01 | Light | Green |
| Point01 | Light | Yellow |
| Point01.Target | Light Target | Yellow |
| Sky01 | Light | Yellow |
| Sky01.Target | Light Target | Yellow |
| Ojo Dcho | Geometry | Black |
| Ojo Izdo | Geometry | Black |
| Bip02 Head | Bone | Pink |
| Bip02 HeadNub | Helper | Pink |
| Sphere02 | Geometry | Black |
| Sphere01 | Geometry | Black |
| Bone01 | Bone | Blue |
| ceja_I | Bone | Blue |
| ceja_D | Bone | Blue |
| pomulo_D | Bone | Blue |
| pomulo_I | Bone | Blue |
| labio_S_04 | Bone | Blue |
| labio_S_02 | Bone | Blue |
| labio_S_01 | Bone | Blue |
| labio_S_05 | Bone | Blue |
| mandibula_inf | Bone | Blue |
| labio_S_03 | Bone | Blue |
| mandibula_superior | Geometry | Purple |
| boy_head | Geometry | Black |

Imagen 3.29 Jerarquización del sistema bípedo del personaje virtual "Boy".





Después de esta modificación el problema todavía persistió, esto se debe a que el rigging es erróneo en algunas zonas. Como se ha comentado al principio del apartado 3.5, seguramente el rigging bajo el que se había asociado el personaje de Boy a su estructura ósea se centraba en los movimientos básicos que hasta ahora realizaba el actor, en los que la gran mayoría de los huesos permanecían inmóviles. Pero con la captura de movimiento ningún hueso permanece estático, como su propio nombre indica es una captura de un movimiento real que ha sido ejecutado por una persona, y el ser humano cuando realiza movimientos tiene que involucrar a todos los huesos de su cuerpo para que la acción resulte de forma armónica y equilibrada. Por ello algunos vértices de la malla no habían sido asociados correctamente a ciertos huesos. El claro ejemplo, como se puede observar en las *imágenes 3.27 y 3.28*, es el cuello, al que se le realizó el rigging partiendo desde cero.

Tras varias modificaciones en los pesos de vinculación de los vértices se consiguió resolver el problema que surgió al importar la captura (*ver imagen 3.30*).

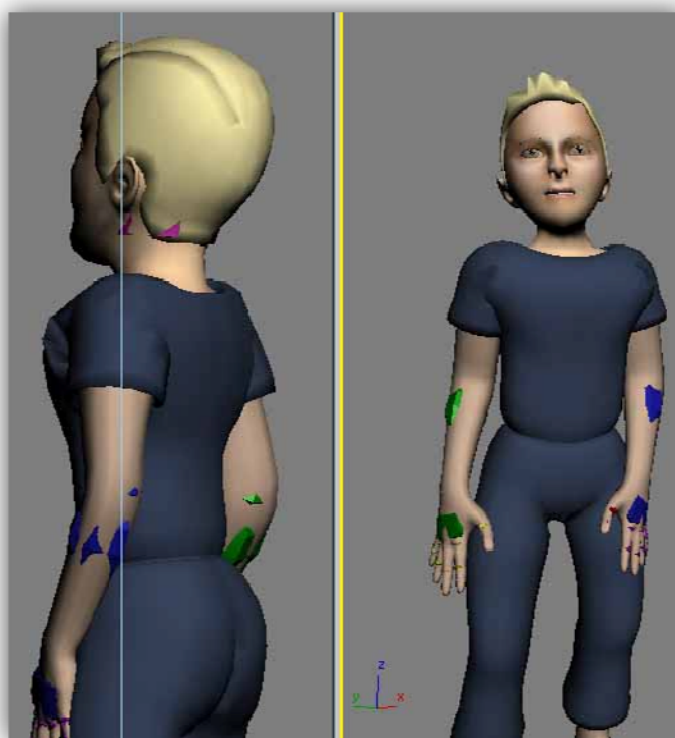


Imagen 3.30 Personaje “Boy” correctamente asociado.





En la imagen se puede observar como la malla se deforma correctamente en cada uno de los pliegues de Boy. También se percibe como la cabeza se desplaza adecuadamente al girar el cuello y como la malla de este se deforma de manera precisa y sin irregularidades.

Cuando se probaron todas las animaciones capturadas con el sistema óptico Vicon 460, se percibieron ciertos fallos en algunas de ellas debido a la diferencia de escala que existe entre la actriz que realizó los movimientos y el personaje virtual de Boy (ver imagen 3.31).

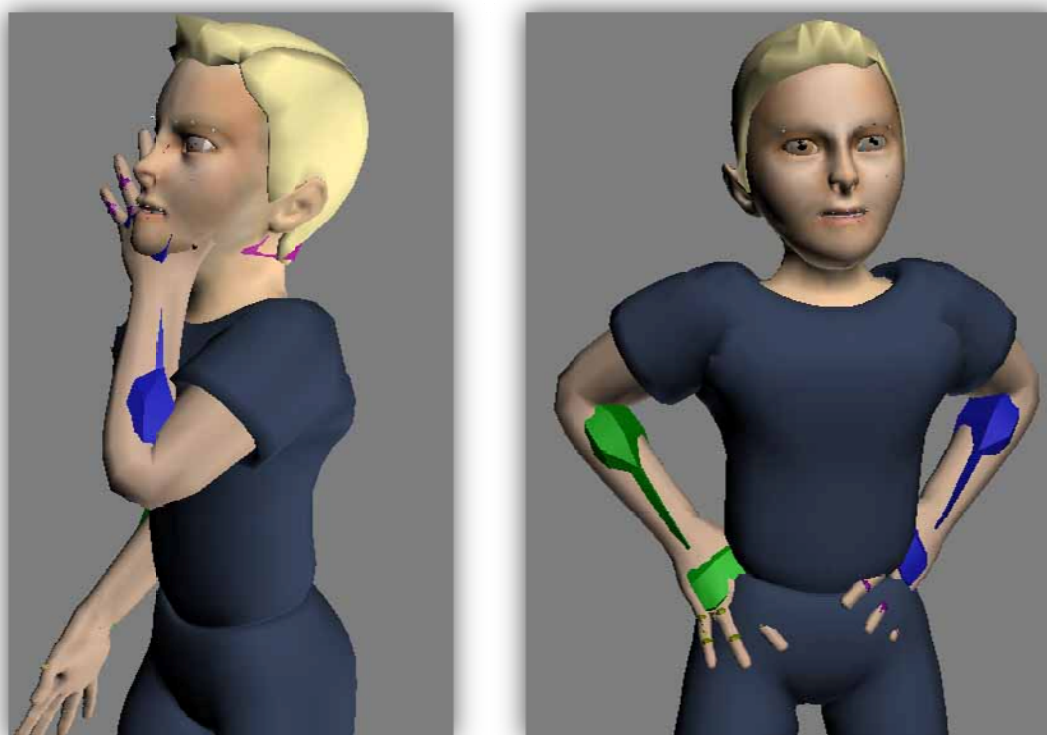


Imagen 3.31 Animaciones erróneas del personaje “Boy”.
Acción de estornudar (izquierda), brazos en la cintura (derecha).

El formato BIP permite que el movimiento pueda ser incorporado en cualquier esqueleto, independientemente de sus dimensiones, ya que almacena translaciones y rotaciones relativas a un esqueleto propio de 3DS Max (ver apartado 3.4.3). Pero en este caso la diferencia de escala es tan abismal, que el personaje de Boy, para poder realizar los mismos ángulos en los movimientos con brazos más pequeños, atraviesa su propio cuerpo. Este problema se podía haber solucionado si se hubiese trabajado en la sesión de “mocap” con un actor más afín al personaje de Boy, por ejemplo un niño.





En el apartado 4. Resultados, se mostrarán todas las animaciones en las que aparece este error. Y también en las que no ha influido la diferencia de escala y por lo tanto son aptas para incluirlas en la nueva biblioteca de movimientos del actor.

3.5.2 Pilar

El modelo de Pilar (*ver imagen 3.32*) había sido desarrollado por el GIGA para que fuese un intérprete virtual de la lengua de signos. Por ello contaba con un alto nivel de detalle en ambas manos, a las que se les aumentó el número de polígonos para que pudiese representar con gran claridad todos los signos mudos.



Imagen 3.32 Modelo virtual “Pilar”.

Pilar se componía de un esqueleto tipo bípedo el cual estaba completo y jerarquizado. Además a la estructura ósea se le había provisto de un sistema de huesos en la cara, los cuales permitían animaciones faciales para poder representar expresiones y permitir la sincronización labial (*ver imagen 3.33*).



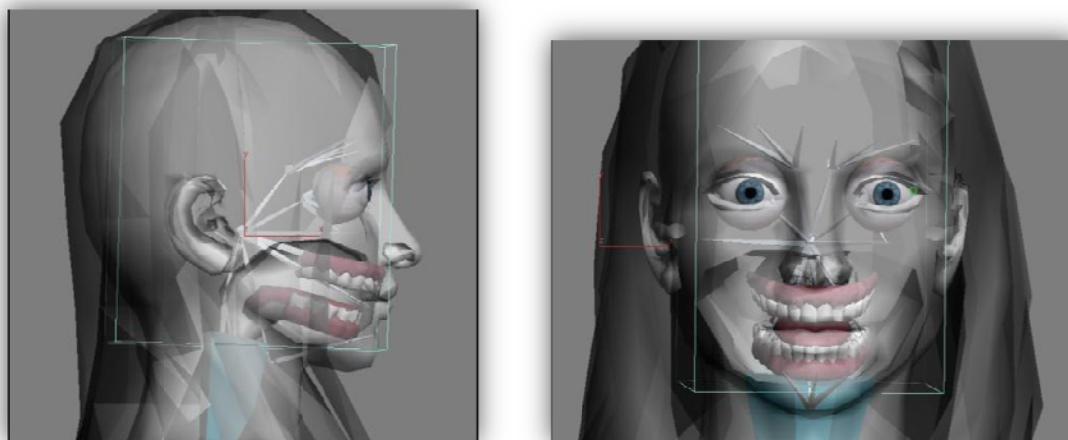


Imagen 3.33 Huesos faciales de “Pilar”.

A nivel visual el cuerpo virtual se componía de siete mallas poligonales (*ver imagen 3.34*): el pelo, los ojos (una malla distinta para cada ojo), el vestido, los zapatos (una malla distinta para cada zapato) y el cuerpo. Cada una de ellas texturizada adecuadamente para conseguir el mayor realismo posible. Todas ellas se encontraban asociadas aparentemente de forma correcta al sistema bípedo mediante el controlador Skin (*ver apartado 2.1.3*).



Imagen 3.34 Mallas del personaje “Pilar”. En translucido se muestra la malla que compone el cuerpo, y totalmente definidas el resto (pelo, ojos, vestido y zapatos).





En principio la estructura interna (sistema óseo) y externa (mallas y texturizado) del personaje Pilar parecía adecuada. Pero cuando se incorporó una captura de movimiento para que Pilar actuase con los movimientos que la actriz representó en la sesión de “mocap”, se observaron algunos problemas graves (ver imagen 3.35).



Imagen 3.35 Animación errónea, fallo en la vinculación de los vértices.

Como se observa en la imagen uno de los defectos importantes que se aprecian afecta al rigging del vestido. La malla del cuerpo atraviesa la malla poligonal del vestido, dejando al descubierto la zona de los pechos en algunos movimientos, e incluso en ciertos momentos los tirantes del vestido se introducen en los hombros desapareciendo de la escena. Este problema se intentó solucionar en gran medida realizando un nuevo rigging que permitiese más deformación en la malla del cuerpo y menos de la malla del vestido. De esta manera los vértices del vestido se verían menos afectados por los huesos y estos no los arrastrarían tanto hacia el interior, es decir, hacia la malla del cuerpo. Como se ve en la imagen 3.36 gracias al trabajo minucioso y costoso que se realizó con el nuevo rigging, el primer problema que se había detectado quedó remediado.



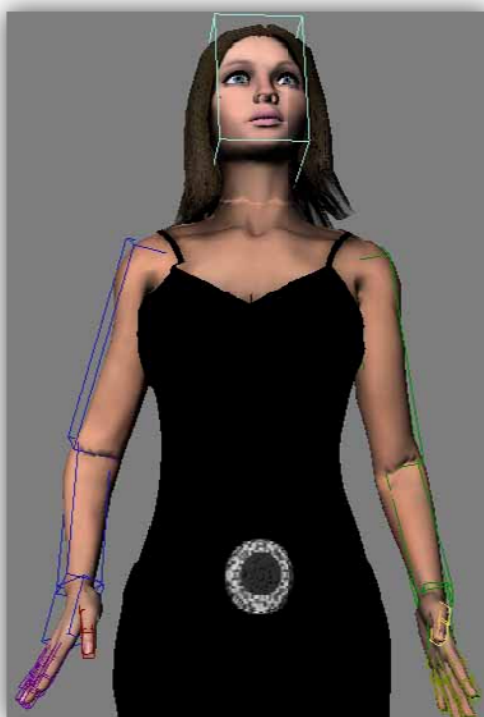


Imagen 3.36 Animación correcta. Problema de rigging resuelto.

El segundo gran problema se encontraba en la zona de los pies. El personaje de Pilar caminaba sobre unos grandes tacones los cuales se encuentran perfectamente asociados al esqueleto virtual, el error aparece al incorporar nuestra captura de movimiento. Los tobillos de Pilar se tuercen hacia delante y la articulación realiza un giro antinatural, provocando que al caminar de la sensación de que ande con los tobillos fracturados (*ver imagen 3.37*).



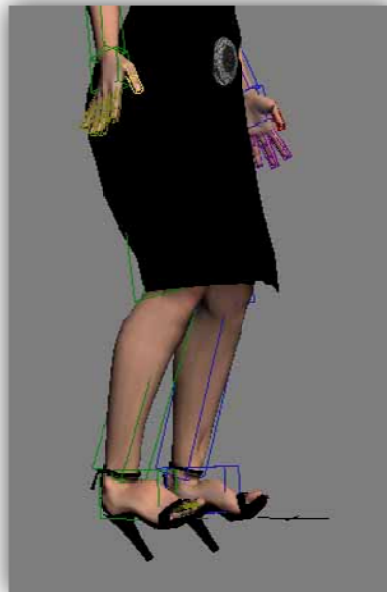


Imagen 3.37 Fallo en la zona del pliegue de los tobillos.

El problema fue debido a que la captura realizada por nuestra actriz en la sesión de “mocap” se desarrolló con zapatos normales sin tacón, por lo que los movimientos capturados mueven el pie partiendo de una posición de reposo en la que toda la planta se encuentra apoyada en el suelo. En cambio, el esqueleto de Pilar en postura de reposo establece los tobillos girados para que los pies encajen en la posición de los zapatos (ver *imagen 3.38*).

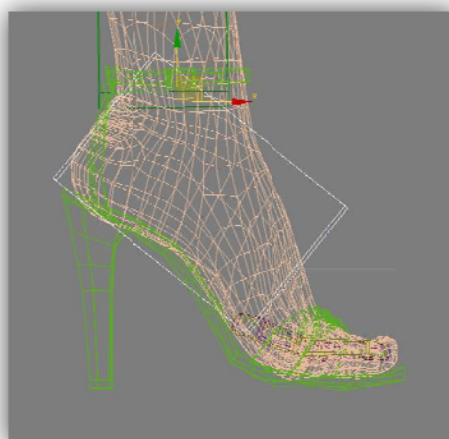


Imagen 3.38 Representación del esqueleto de “Pilar” en reposo (figure mode).





Inicialmente se intentó cambiar la posición de reposo de la estructura esquelética para que los pies se posicionasen de forma horizontal. Se utilizó el modo “figure mode” que ofrece 3DS Max, que permite observar la posición de reposo del esqueleto virtual de Pilar. Al realizar el giro en el tobillo para situar los pies completamente rectos, se observa que la malla se deforma y es arrastrada por el propio giro (ver imagen 3.39). Como el proceso de rigging ya estaba realizado el programa no permitió cambiar la posición de reposo del esqueleto.



Imagen 3.39 Cambio de la posición de reposo del tobillo derecho.

En esta situación, y tras consultar algunos foros en internet de gente especializada en la materia, la única solución aparentemente viable era eliminar la vinculación del esqueleto y las distintas mallas y volver a realizar todo el proceso del rigging.

Como se explicó en el apartado 3.3, al principio del proyecto se realizó el proceso de rigging completo sobre un personaje virtual de características muy similares a Pilar. Así que ya se conocía la magnitud de tiempo invertido que este proceso necesitaba para que cada uno de los más de 30.000 vértices de los que se compone la malla quede asociado correctamente a sus respectivos huesos. Y debido a la escasez de tiempo del que se disponía era casi irrealizable esta medida para arreglar el problema.





Entonces, si no se podía cambiar la posición de reposo del personaje virtual, y el nuevo rigging era demasiado laborioso si se deseaban buenos resultados; lo único que se podía hacer para arreglar la situación era cambiar la posición del personaje real, es decir, realizar una nueva sesión de captura de movimiento en la que la actriz tendría que ejecutar las acciones sobre unos zapatos de tacón (*ver imagen 3.40*). De esta manera el movimiento resultante sería válido, dado que el esqueleto en reposo real y virtual coincidiría.



Imagen 3.40 Sesión de “mocap” con tacones.

Se preparó a la nueva actriz y se realizó la sesión de “mocap” siguiendo cada una de sus fases (*ver apartado 3.4*). Esta sesión se complicó algo más que la primera que se había realizado, a causa de que el espacio disponible para realizar los movimientos no era muy amplio, dado que en esas fechas se estaba realizando la instalación de un plato de fuerza, que es un sensor colocado a nivel del suelo capaz de calcular las fuerzas que se ejercen sobre él y en qué dirección se ejercen. Lo que resulta de gran utilidad en estudios ergonómicos, médicos e incluso también dentro del ámbito del deporte. Si a estos obstáculos se añade que la actriz tenía que desplazarse de forma natural mientras mantenía el equilibrio en sus grandes tacones, se puede tener una idea de la dificultad que supuso la sesión.





Concluidas las capturas y después de haberlas procesado, se exportaron al formato CSM, para su posterior conversión a través de 3DS Max al formato BIP (ver apartado 3.4.3), que es el utilizado por los sistemas bípedos propios del software.

Al importar estas nuevas capturas al personaje de Pilar, se percibe que la problemática surgida en la zona de los pies queda resuelta y el personaje anda con naturalidad, pero por el contrario vuelve a resurgir el defecto entre el vestido y el cuerpo (*ver imagen 3.41*). En esta ocasión no es culpa del rigging, ya que éste fue modificado y realizado correctamente, por lo que el problema se hallaba ahora en el movimiento del cuerpo: la actriz había realizado las zancadas demasiado amplias, provocando en Pilar, al reproducir las zancadas, atravesase el vestido.



Imagen 3.41 Colisión de la malla del cuerpo con el vestido.

La única solución posible era volver a efectuar las capturas, el inconveniente es que en esa época el sistema óptico Vicon 460 del laboratorio del I3A con el que se estaban realizando las capturas no tenía mucha disponibilidad, debido a que se estaba usando para otros proyectos de larga duración, en el que además se requerían componentes instalados permanentemente en mitad de la sala y no podían ser apartados. Finalmente se consiguió realizar una nueva sesión fugaz para intentar conseguir alguna animación que funcionase en el personaje virtual Pilar.





Tras exportar los resultados, se probaron en Pilar obteniendo como se puede apreciar en la *imagen 3.42* unas animaciones de una calidad óptima. Más adelante en el apartado 4. Resultados, se observarán fragmentos de las animaciones y en el CD que incluye esta memoria se puede visionar todas las animaciones renderizadas en su totalidad.

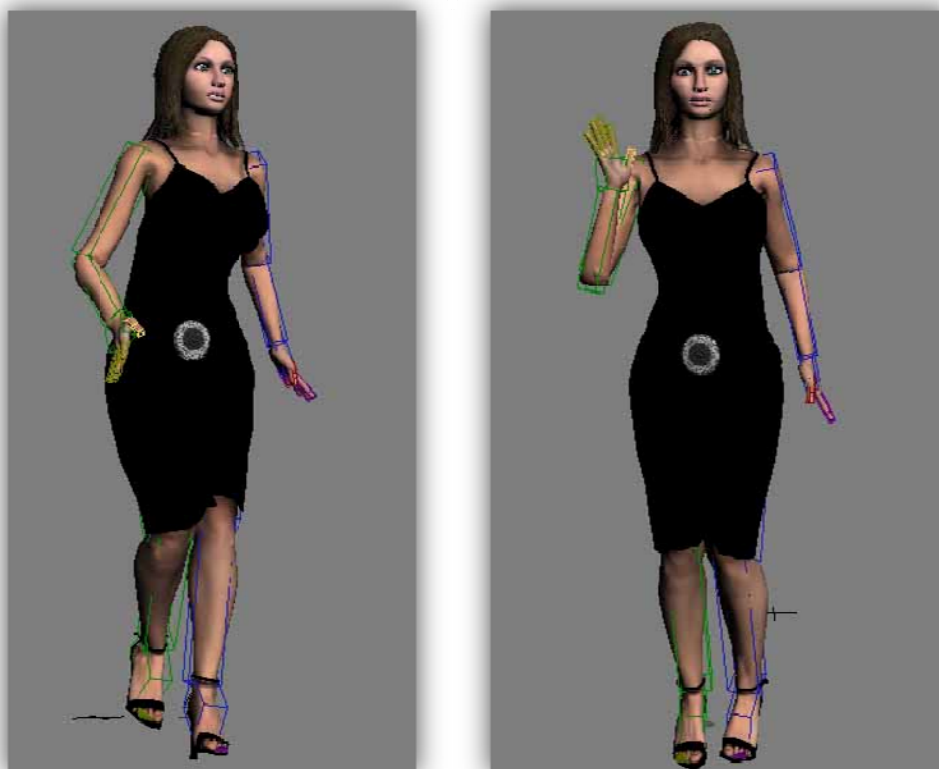


Imagen 3.42 Animaciones correctas. Pilar caminando (izquierda), y Pilar saludando (derecha).





3.5.3 Maxine

Maxine (ver imagen 3.43) es el principal personaje virtual del GIGA en estos momentos, es por ello que después de decidir que finalmente se trabajaría con los actores de Maxine, Pilar y Boy (ver apartado 3.2), la prioridad se centró en conseguir unas animaciones lo más realistas que se pudiesen incorporar a este actor virtual.



Este personaje virtual ha sido modificado varias veces en el ámbito del GIGA, es por ello que se disponen varias versiones de él. Para este proyecto interesaba la versión más completa pero que a su vez permitiese la incorporación de animación por captura de movimiento, es decir, que su estructura ósea perteneciese a un sistema bípedo y que incorporase un sistema de huesos incluidos en la zona facial que permitiesen su animación.

Imagen 3.43 Personaje virtual “Maxine”.

La versión 2.0 de Maxine era la más completa, pero su esqueleto se había creado a partir de la herramienta “bone tools”, la cual permite fabricar uno a uno los huesos que vayan a formar el esqueleto. Pero este tipo de estructura no admite la inclusión de archivos de captura de movimiento.

Por el contrario, la versión 1.0 del personaje Maxine no incluía el sistema de huesos facial, aunque sí que permitía la implementación de ficheros de “mocap” puesto que su estructura ósea se había formado a partir del sistema bípedo que ofrece 3DS Max.





Para conseguir un Maxine que sirviese para este proyecto, se mezclaron las estructuras esqueléticas de las dos versiones consiguiendo una estructura completa pero que a su vez posibilitaba la opción de incorporar animaciones procedentes de capturas de movimiento (ver imagen 3.44).

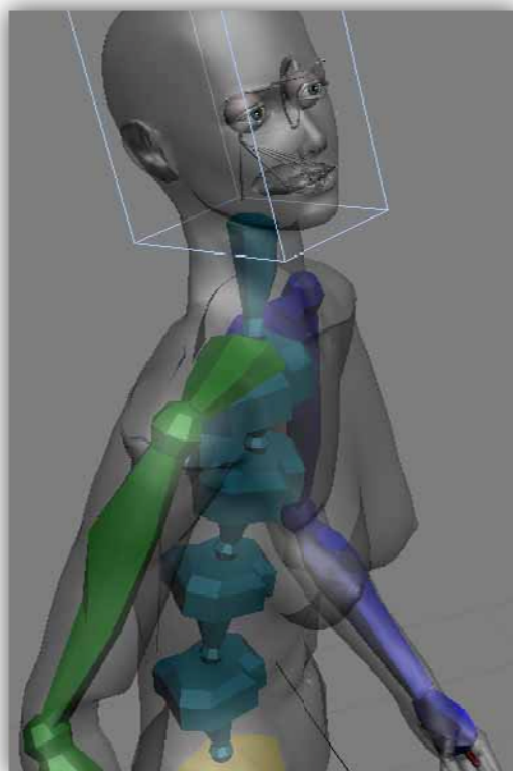


Imagen 3.44 Esqueleto final de “Maxine” (con estructura ósea facial).

La malla del personaje es de una sola pieza, lo cual simplifica la posterior exportación del actor al formato Cal3D, que se debe realizar para que sea posible la carga en el motor gráfico del GIGA (ver apartado 1.2). En cuanto a la apariencia del personaje no fue necesaria ninguna modificación, ya que se encontraba perfectamente asociada mediante un mapeado UVW (ver imagen 3.45), el cual permite designar las secciones de cada material para que posteriormente se aplique un único material compuesto, y no sea necesario tener que incluir cientos de materiales por separado (ver apartado 2.1.2).



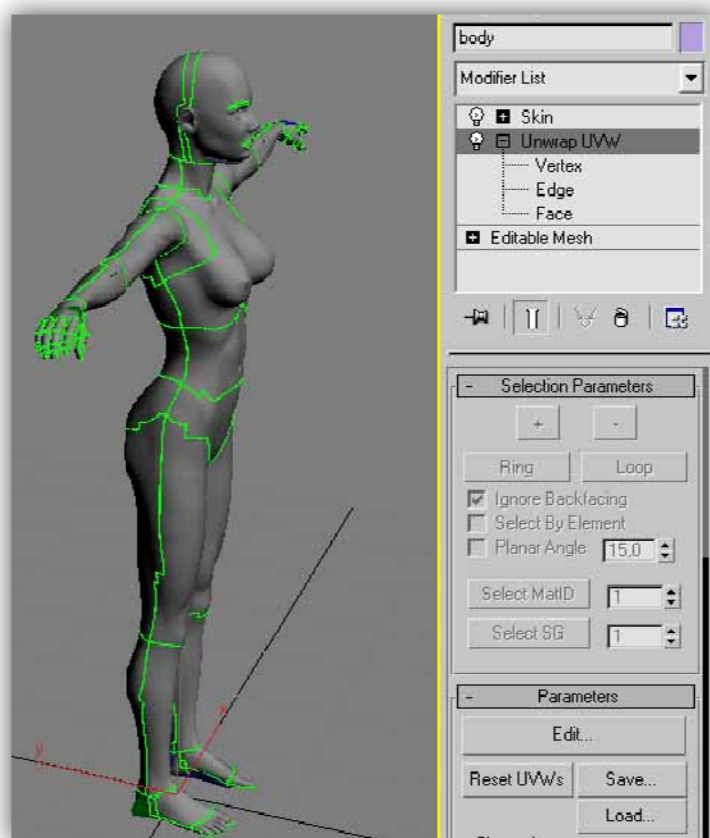


Imagen 3.45 Mapa UVW de asociación de textura.

Una vez analizada y modificada la estructura del actor virtual, se puede incorporar una animación procedente de la sesión de “mocap” para observar que defectos se deben solucionar.

Tras incorporar las distintas animaciones se percibió que la asociación del rigging tenía que ser retocada en la mayoría de los pliegues de la malla (las articulaciones), sobretudo en la zona de hombros, glúteos e ingles. Como ya se ha comentado anteriormente este proceso es muy laborioso y requiere una inversión de tiempo considerable, pero en personajes con una gran cantidad de polígonos, como es el caso de maxine con más de 30.000, todavía se complica más porque en la mayoría de las ocasiones se debe modificar el peso de los vértices uno a uno para conseguir un resultado suavizado y correcto.





A continuación se muestra en las diversas imágenes la evolución y perfeccionamiento del proceso de rigging aplicado al personaje maxine. Primeramente se expone el estado inicial y luego se puede contemplar cómo se ha resuelto a través de la rectificación en la vinculación de los vértices de la malla con sus respectivos huesos.

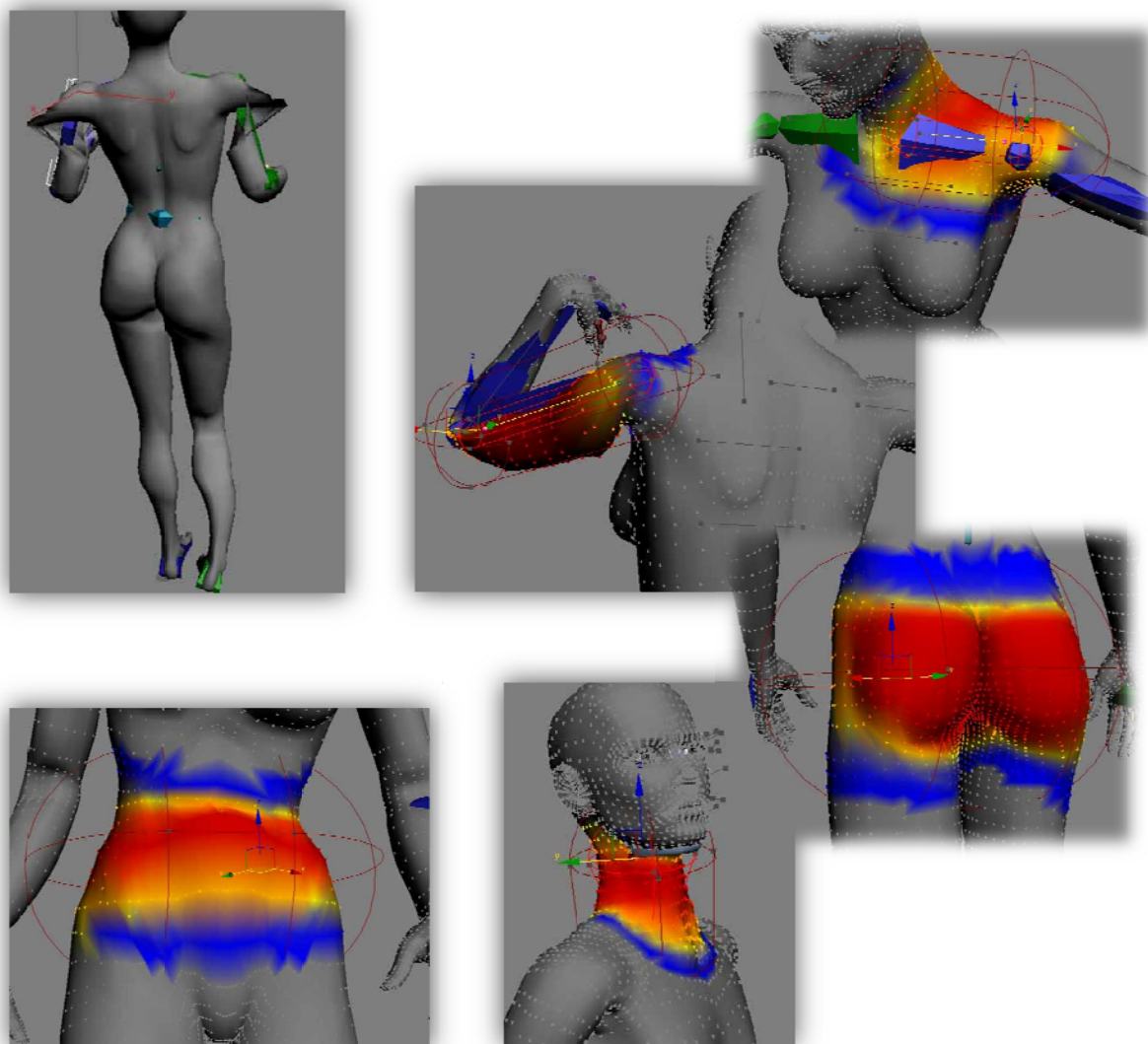


Imagen 3.46 Proceso de rigging del personaje “Maxine”.





Imagen 3.47 Resultado final del rigging del personaje “Maxine”.

Una vez completado el proceso de rigging con éxito (*ver imagen 3.47*), se está preparado para incorporar las animaciones. Para ello es necesario que el personaje se cargue en el motor gráfico del GIGA. Como se explica en el apartado 1.2.1, el actor virtual tiene que ser exportado al formato Cal3D para que pueda ser interpretado por el motor gráfico. En el anexo III se explica detalladamente cual es el proceso completo que hay que seguir para poder exportar con éxito al formato Cal3D.

Las animaciones completas de cada uno de los actores se muestran a continuación en el apartado de resultados.





4. Resultados

| | |
|--------------------|-----|
| 4. Resultados..... | 101 |
| 4.1 Boy..... | 104 |
| 4.2 Pilar..... | 110 |
| 4.3 Maxine..... | 111 |





En este apartado se muestran en varias imágenes representativas los resultados finales de todo el trabajo realizado. Los videos completos de todas las animaciones se adjuntan en el CD que incluye esta memoria.

4.1 Boy

En el caso de este actor virtual algunas de las capturas no se adaptan adecuadamente al personaje, por la diferencia existente entre las dimensiones de la actriz real que ejecutó los movimientos y las de Boy. Es por ello que se han clasificado los resultados en tres grupos: los que son correctos, los que necesitarían algún tipo de cambio y por último los que por culpa de la diferencia de dimensiones no son válidos.

No válidos

En este apartado se muestran las animaciones que no pueden ser incluidas en la biblioteca de movimientos del actor.

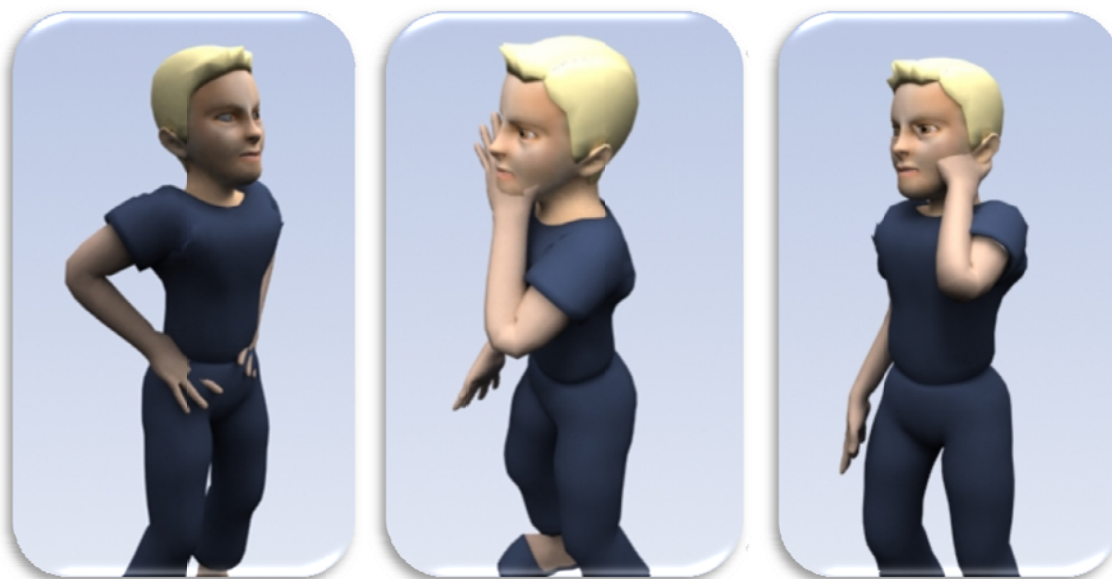


Imagen 4.1 De izquierda a derecha: Brazos en jarra, estornudo y tocarse el pelo

En todas ellas se observa un error en la amplitud de los movimientos que provoca que el brazo atravesase distintas partes del cuerpo del actor.





Aptos

A continuación se observan las animaciones en las que hubiese sido necesario colocar marcadores para captar la posición de los dedos en la sesión de “mocap”, puesto que en las capturas realizadas simplemente se detecta la posición de la mano y no la de sus dedos, por lo que no se sabe si los dedos se encuentran flexionados o extendidos.



Imagen 4.2 Arriba a la izquierda: Señalar con el brazo.
Arriba a la derecha: cruzar brazos al pecho y Abajo: sentado pensativo brazo barbilla.





Correctos

Las siguientes imágenes exponen fragmentos de las animaciones que son 100% correctas y que formarán parte de la nueva biblioteca de movimientos del actor, proporcionándole un mayor realismo en sus movimientos.



Imagen 4.3 De izquierda a derecha: Brazos atrás, saludar/despedirse y alzar hombros en duda



Imagen 4.4 Secuencia caminar





Imagen 4.5 Cruce de piernas



Imagen 4.6 Cambio de peso de una pierna a otra.





Imagen 4.7 Reverencia

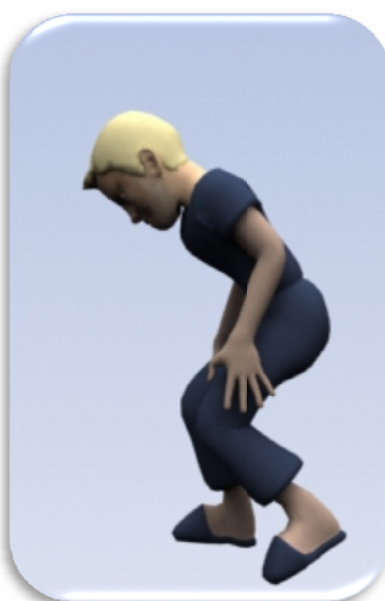
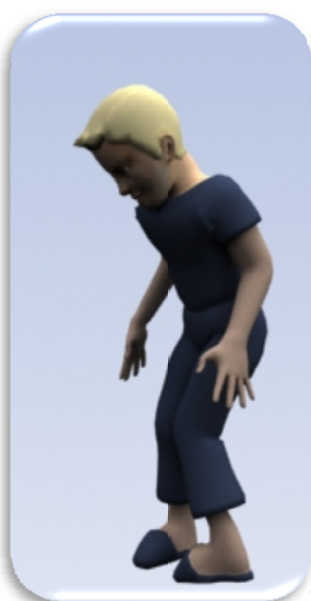


Imagen 4.8 Secuencia de la animación sentarse





Imagen 4.9 Secuencia de la animación discurso





4.2 Pilar

Como se comentó en el apartado 3.5.2, tras resolver todos los obstáculos que en este actor surgieron se consiguió obtener alguna animación correcta. A continuación se muestran las imágenes de las posiciones clave de las animaciones.



Imagen 4.10 Pilar en pose de espera (izquierda), saludando (derecha)



Imagen 4.11 Secuencia de la animación caminar





4.3 Maxine

Al trabajar con estos tres actores (Boy, Pilar y Maxine), se marcó como objetivo principal, que el personaje de Maxine adquiriera un gran abanico de nuevas animaciones realistas y genéricas (acciones que se ejecutan entre otras más importantes), por ello se planteó la sesión de “mocap” para que funcionase a la perfección con este actor, y es por esta cuestión por la que en este actor se han obtenido muchas más animaciones correctas que se muestran a continuación.

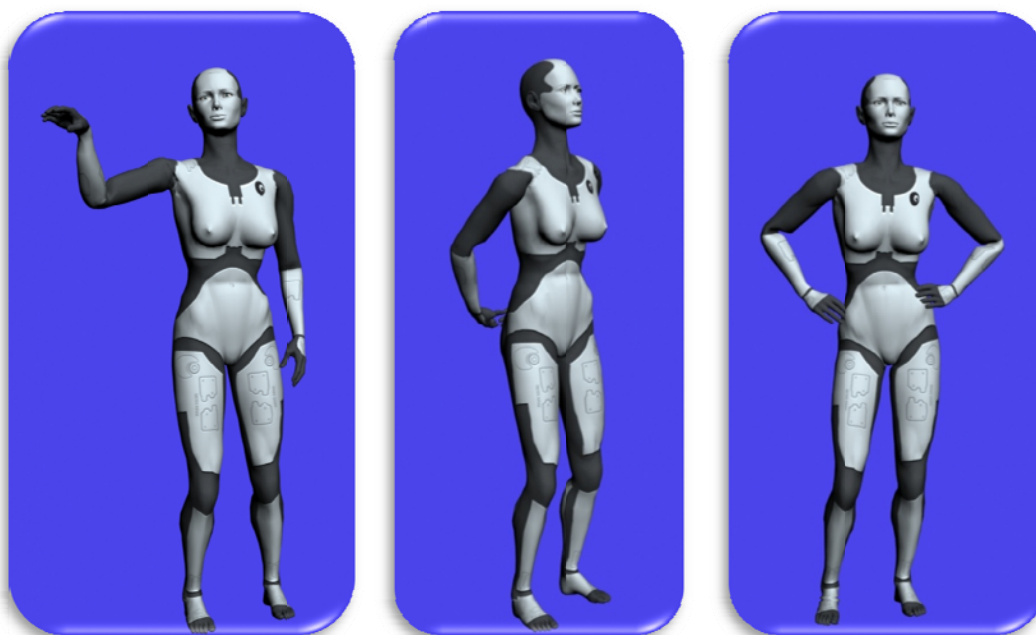


Imagen 4.12 De izquierda a derecha: señalar con el brazo, brazos detrás de la espalda y brazos a la cintura.



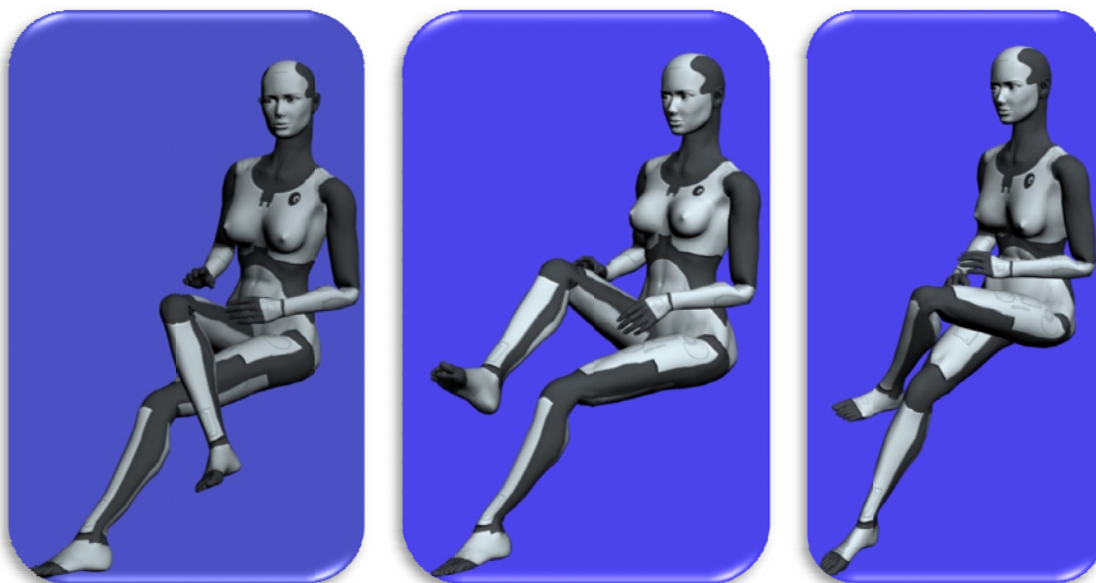


Imagen 4.13 Cruce de piernas

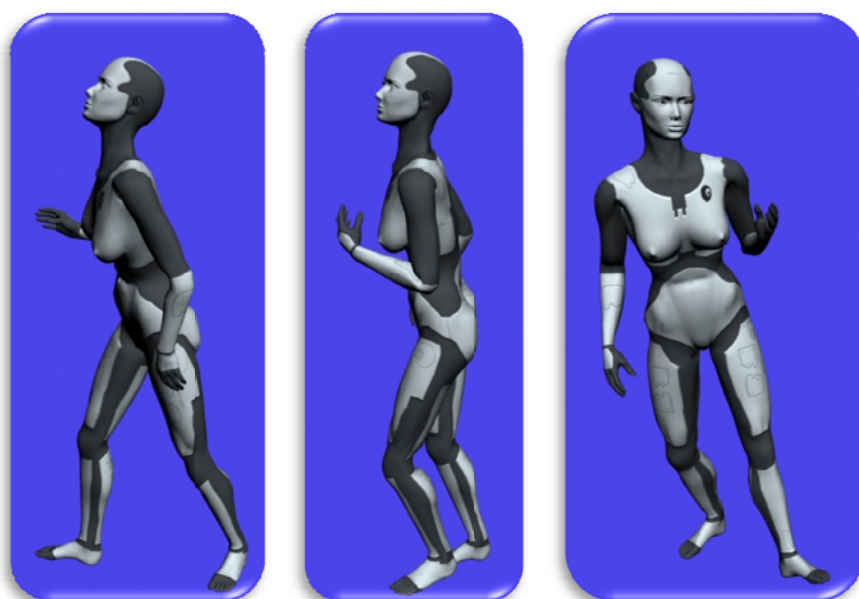


Imagen 4.14 Secuencia de la animación caminar



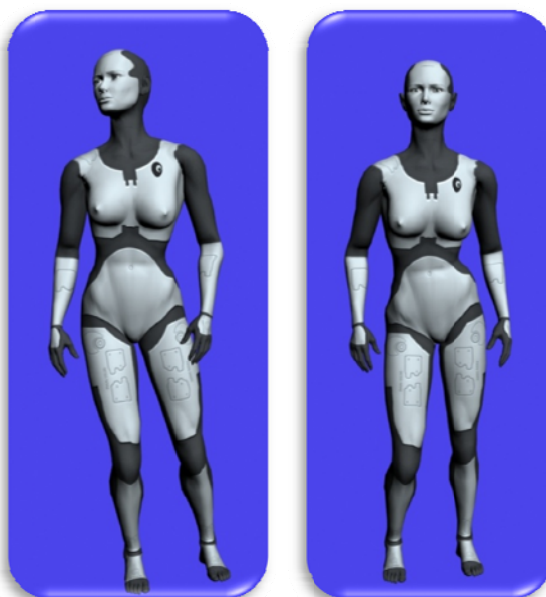


Imagen 4.15 Cambio de peso de una pierna a otra



Imagen 4.16 De izquierda a derecha: Cruce de brazos, saludo/despedirse y encogerse de hombros para expresar duda indiferencia.





Imagen 4.17 Secuencia de la animación discurso



Imagen 4.18 Secuencia de la animación estornudo



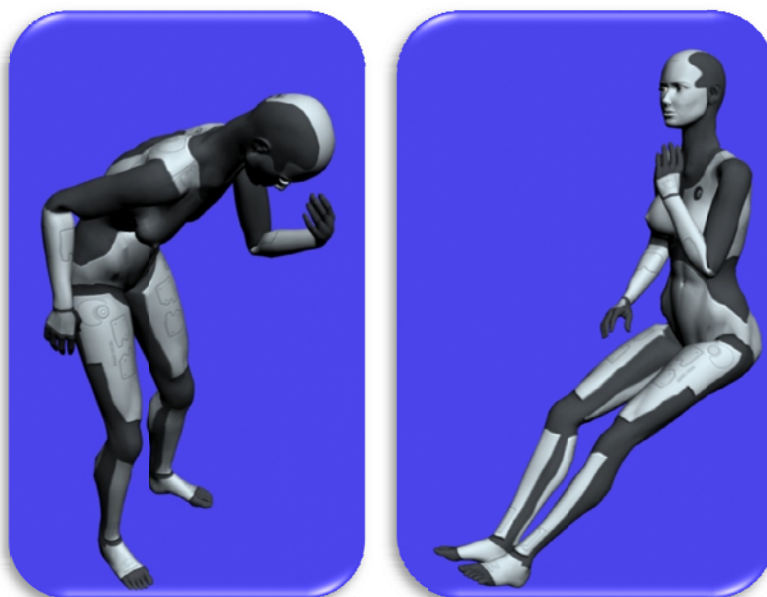


Imagen 4.19 Reverencia (izquierda), sentado tocarse la barbilla para expresar reflexión (derecha)



Imagen 4.20 Secuencia de la animación sentarse





A continuación se muestran imágenes de algunas de las animaciones resultantes implementadas en el motor grafico maxine, que están siendo utilizadas para desarrollar el proyecto e-museum.



Imagen 4.21 Animación “brazos a la cintura” en la aplicación “e-museum”



Imagen 4.22 Animación “discurso” en la aplicación “e-museum”





5. Conclusiones y trabajo futuro

| | |
|--|-----|
| 5. Conclusiones y trabajo futuro | 117 |
| 5.1 Conclusiones | 120 |
| 5.2 Trabajo futuro | 123 |





En este apartado se exponen las conclusiones obtenidas tras la realización del proyecto, así como las posibilidades de trabajo futuro que se pueden llegar a desarrollar.

5.1 Conclusiones

El objetivo principal del proyecto ha consistido en crear nuevas animaciones realistas basadas en la captura de movimiento para integrarlas en un actor que pudiera ser utilizado en el motor gráfico “maxine” del grupo GIGA.

Para poder cumplir con los objetivos y requisitos que se plantearon en el proyecto, los personajes Boy, Pilar y Maxine han tenido que sufrir una serie de modificaciones.

Boy:

- Reestructurar y cambiar la jerarquía de su sistema óseo.
- Perfeccionar el rigging del personaje.

Pilar:

- Cambiar el rigging en varias zonas del actor.

Maxine:

- Confeccionar un nuevo sistema óseo completo.
- Reconstruir el rigging en todo el personaje.





Así mismo se han generado una serie de animaciones que enriquecerán la actual biblioteca de movimientos de cada uno de los actores.

Boy:

- Afirmar con la cabeza
- Señalar alzando el brazo
- Colocar los brazos en la espalda
- Cruzar las piernas
- Cambiar el cruce de piernas
- Caminar
- Cambio de peso de una pierna a otra
- Cruzar los brazos a la altura del pecho
- Despedirse
- Saludar
- Alzar los hombros en pose de duda
- Movimiento de manos y brazos relativos a un discurso
- Reverencia
- Sentarse

Pilar:

- Saludo
- Caminar
- Caminar y luego parada en pose





Maxine:

- Afirmar con la cabeza
- Señalar con el brazo extendido
- Juntar los brazos detrás de la espalda
- Poner los brazos en jarra
- Cruzar las piernas sentado
- Cambiar el cruce de piernas
- Caminar
- Cambiar el peso del cuerpo de una pierna a otra
- Cruzar los brazos a la altura del pecho
- Despedirse
- Saludar
- Movimiento de manos y brazos relativos a un discurso
- Alzar los hombros en pose de duda
- Estornudar
- Realizar una reverencia
- Sentarse
- Sentado, poner el brazo en la barbilla mostrando reflexión
- Tocarse la cabeza

Aparte de alcanzar los objetivos principales y haber generado unas animaciones realistas a través de la técnica de “mocap”, la realización de este proyecto ha sido una experiencia enriquecedora tanto profesional como personalmente. En el ámbito profesional, he ampliado los conocimientos sobre el mundo de los personajes virtuales y he adquirido un manejo total de la aplicación de modelado y animación 3D Studio Max. Además he aprendido las fases y preparativos necesarios para poder realizar una sesión de “mocap”. Y también a trabajar con un motor gráfico como “maxine”, con el formato Cal3D y a interpretar archivos con lenguaje *script* LuaBind. A nivel personal, el haber estado colaborando en un grupo de investigación con personas implicadas en proyectos paralelos al este, me ha hecho aprender a tratar a otras personas en el ámbito del trabajo, para poder apoyarse los unos a otros y generar día a día el trabajo exigido.





5.2 Trabajo futuro

Durante el desarrollo de este proyecto, en algún momento se consideró la idea de adquirir un nuevo actor que dotase al grupo GIGA de más personajes con movimientos realistas y naturales. Para ello se requeriría un nuevo actor con un mayor número de polígonos, para que de esta manera la visualización de los movimientos fuese más definida y a su vez más real.

Se han buscado actores en diferentes páginas web, encontrando finalmente en www.turbosquid.com, tres actores que cumplían los requisitos deseados. A continuación se mostrarán estos posibles candidatos.

Eric (<http://www.turbosquid.com/FullPreview/Index.cfm/ID/264830>)

Este actor interesaba por su calidad visual. Así que se contactó con el proveedor y se observó que más características incorporaba:

- esqueleto asociado a la malla a través del modificador Physique (se prefiere Skin porque no da problemas al cargarlo en el motor gráfico)
- 9 expresiones faciales
- Varios materiales y texturas.

Dave (<http://www.turbosquid.com/FullPreview/Index.cfm/ID/522475>)

Este personaje también llamó la atención por su calidad visual, pero el proveedor no contestó al mensaje por lo que los únicos datos que se conocen son los que ofrece la página web, en la que consta que es un actor de carga computacional ligera al estar formado por 9000 polígonos, y además viene provisto de varios materiales texturizados.





Dave European (<http://www.turbosquid.com/FullPreview/Index.cfm/ID/449424>)

Este último era el candidato que más opciones presenta para poder realizar un trabajo futuro, ya que el proveedor ofrecía la posibilidad de realizar un esqueleto y asociarlo mediante el modificador que se deseara.

A nivel visual ya estaba totalmente desarrollado incorporando varias texturas y materiales.

Aunque se buscaron muchos más actores, en su momento la búsqueda se filtró hasta estos tres posibles candidatos. Como trabajo futuro se plantea aplicar las animaciones conseguidas a través de “mocap”, en el personaje virtual que se adquiriera.

Otras vías a desarrollar serían:

- Ampliar la biblioteca de movimientos de los personajes con más capturas de movimiento, al estar ya preparados cada uno de ellos para la implementación de archivos de “mocap”, lo único que se necesita es realizar más sesiones con el sistema óptico Vicon 460 del laboratorio del I3A.
- Crear más vestuario para los personajes y más entornos virtuales para poder enriquecer las animaciones dentro del motor gráfico “maxine”.
- Desarrollar otros proyectos en el ámbito de entornos inteligentes que se aprovechen del realismo de estas nuevas capturas (al igual que se desarrolló el proyecto e-Museum)





6. Bibliografía





- [1] Página oficial del grupo GIGA
“<http://giga.cps.unizar.es>”

- [2] Eduardo Viruete, Juan Barberán, María Gil, María Muñoz, Diana R. Bueno, Francisco Javier Sierra, Luis Montano.
“e-museum: Ambient Intelligence in a Smart Museum”

- [3] Guía Cal3D
“<http://cal3d.sourceforge.net/docs/guide/index.html>”

- [4] Lenguaje LuaBind
“<http://www.rasterbar.com/products/luabind.htm>”

- [5] Fundamentos básicos de modelado 3D
“<http://www.cristalab.com/tutoriales/fundamentos-basicos-de-modelado-3d-c148l/>”

- [6] MEDIAactive
“El gran libro de 3DS Max”
Editorial: Macombo S.A.
Año: 2003

- [7] Texturizado de objetos 3D
“<http://www.todoexpertos.com/categorias/tecnologia-e-internet/disenio-3d/respuestas/574555/texturas-en-3d-max-4>”

- [8] Mapas UVW en 3DS Max
“<http://www.3danimacion.com/tutoriales/tutoriales.cfm?estado=ver&titulotutorial=Texturas%20con%20Texporter&codigo=3&tutorialID=49>”





- [9] Jean Marc Gauthier.
“Creating interactive 3-D actors and their worlds”
Editorial: Morgan Kaufmann
Año: 2002
- [10] Kelly L. Murdock.
“La biblia – 3DS Max 8”
Editorial: Anaya – multimedia
Año: 2007
- [11] Autodesk inc.
“3DS Max versión 5” (Guía de novedades, Tutoriales, Referencia del usuario).
Editorial: Discreet
Año: 2002
- [12] Maestri G.
“Digital Character Animation”
Editorial: New Riders
Año: 1996
- [13] Dous Kelly.
“Character Animation in Depth”
Editorial: Coriolis
Año: 1998





- [14] Animación 3D: Técnica de mophing
“http://www.wikilearning.com/articulo/cinema_4d_tecnica_del_morphing-tecnica_del_morphing/12809-1”
- [15] Estándar MPEG-4
“<http://cordis.europa.eu/infowin/acts/analysys/products/thematic/mpeg4/coven/coven.htm>”
- [16] Captura de movimiento
“<http://www.optimizacion3d.info/libro-3d/animacion/captura-de-movimiento-motion-capture>”
- [17] Anxo Beltrán Álvarez, Gabriel Cea Díaz, Juan Félix Fernández Jacob, Miguel Fuentes Sobrín, Vreixo Luis González Caneda, Jorge López Fernández.
Captura de movimiento “mocap”
“<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Peliculas/Mocap/index.htm>”
- [18] Menache A.
“Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games”
Editorial: Morgan Kaufmann
Año: 1999
- [19] Eva Cerezo.
“Apuntes de la asignatura: Composición y edición de imágenes”
Editorial: E.U.I.T.I.Z.
Año: 2009





- [20] Página oficial del Sistema Vicon
 “<http://www.vicon.com/index.html>”
- [21] “Vicon reference manuals” (Documentación del sistema Vicon).
- [22] Tutoriales de 3DS Max
 “<http://www.3danimacion.com/tutoriales/tutoriales.cfm?estado=categoria&titulo=Tutoriales%20de%203DS%20Max&codigo=3>”
- [23] Wikipedia, The Free Encyclopedia.
 “http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page”





Anexo I

Desarrollo Temporal





El proyecto comenzó a finales de Noviembre del 2009 y finaliza con el depósito del mismo a mediados de Noviembre del 2010, transcurriendo 328 días en todo su desarrollo. En el diagrama de Gantt de la imagen 5.1 se pueden observar las distintas fases que han compuesto este PFC.

La fase de aprendizaje y búsqueda de información fue necesaria para documentarse sobre el mundo de la animación y familiarizarse con las herramientas de hardware y software que posteriormente se iban a utilizar. Aunque en el diagrama esta fase se encuentra delimitada a los primeros días (ver imagen 5.1), la búsqueda de información y aprendizaje se encuentran presentes a lo largo de todo el desarrollo del proyecto.

En la fase de pruebas se utilizó un modelo virtual para poder resolver cualquier tipo de problemas que surgiera posteriormente.

El desarrollo de proyecto se subdividió en una serie de tareas como se puede observar en el diagrama, consiguiendo generar las animaciones para los actores Boy, Pilar y Maxine.

Las dos últimas fases son las relativas a la escritura de esta memoria y a la elaboración de la presentación del proyecto.



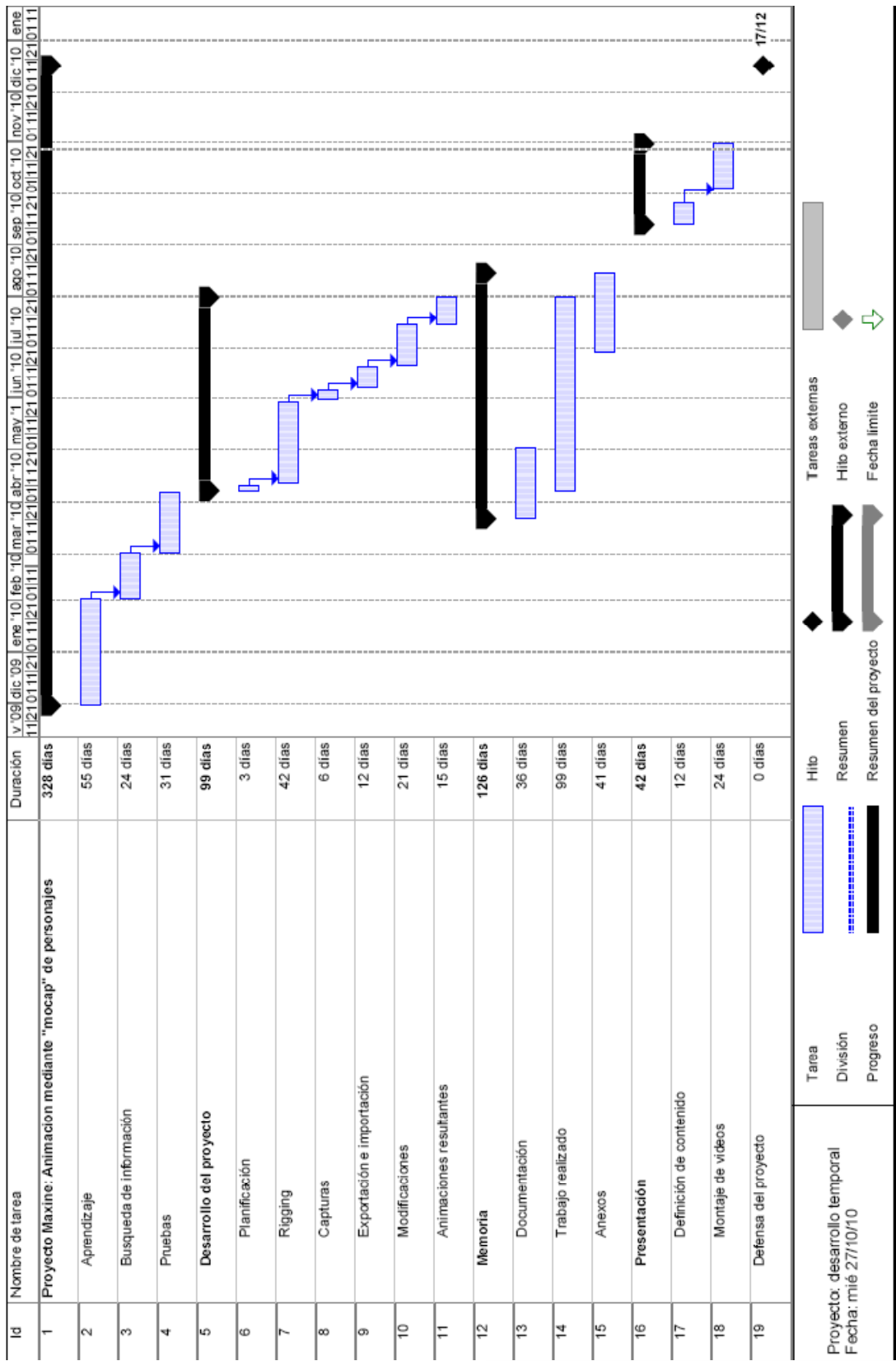


Imagen 5.1 Diagrama de Gantt del desarrollo temporal del proyecto





Anexo II

Software Utilizado





En este anexo se quiere realizar una breve descripción del software que ha sido necesario emplear para la realización del proyecto. Además de exponer cual ha sido su función en el desarrollo del PFC y los conocimientos que se han adquirido sobre su manejo.

Para organizar las funciones que han desempeñado los programas, se clasificarán en dos grupos: los que se han utilizado para realizar las animaciones 3D, y los que han sido requeridos para la elaboración de la memoria y presentación del PFC.

Para poder desarrollar las animaciones que se han mostrado en el apartado de resultados, han sido necesarias las siguientes aplicaciones:

- **3D Studio Max:** Es un software especializado en la creación de gráficos y animación en 3D. Pertenece al grupo Autodesk Media y su arquitectura informática se basa en la ejecución de plugins, los cuales amplían las funciones y hacen que resulte un software potente y completo. Algunos de los plugins con los que se han trabajado dentro de este programa han sido: Character Studio y el exportador a Cal3D. Character Studio es el plugin de gestión y creación de animaciones y modificación de personajes virtuales, por lo que ha resultado esencial desde el principio del proyecto. Por otra parte el plugin de exportación a Cal3D fue esencial al final del proyecto, dado que era necesario convertirlo todo a este formato para que el motor gráfico pudiese cargar las animaciones. Este software ha sido imprescindible durante todo el desarrollo del proyecto. Con él se han modificado los personajes virtuales, y posteriormente se han creado los elementos necesarios para poder verlos animados. Es por lo que durante la ejecución del proyecto se ha adquirido un manejo total de este software.
- **Vicon 460 Workstation:** Este software es el que ha permitido la captura y procesamiento de los movimientos generados por los actores de carne y hueso. Aunque no se ha adquirido un conocimiento extenso sobre todas sus funciones dado que es un software bastante complejo, sí que se ha aprendido lo necesario para poder procesar y editar las capturas hasta que fuesen válidas.
- **Maxine:** Se trata de un motor gráfico desarrollado por el GIGA que permite la carga de diversos personajes y entornos virtuales para su renderización. Sobre esta aplicación no se ha adquirido gran conocimiento dado que dentro del grupo GIGA existen personas especializadas que se ocupan de su manejo. Pero gracias a él, se ha conseguido interpretar archivos generados en script.





- **Project:** Es un programa del grupo Microsoft Office usado para la gestión y administración de proyectos. Este programa no ha intervenido en el desarrollo de las animaciones aunque ha sido esencial para que el proyecto estuviese organizado. Con este software se ha realizado la gráfica que se muestra en el anexo I.

Para la elaboración de esta memoria y de la presentación del proyecto, han sido necesarios los siguientes programas:

- **Photoshop:** Se trata de un programa desarrollado por Adobe para la edición, retoque y composición de imágenes 2D. Su método de trabajo se basa en las capas. Su función dentro de este proyecto ha sido el retoque de las imágenes que en él aparecen.
- **QuarkXPress:** Es un programa de autoedición para ordenadores. Basado en una interfaz gráfica “WYSIWYG” (acrónimo en inglés, What You See Is What You Get, que significa “lo que ves es lo que obtienes”), diferencia entre gráficos y textos, permitiendo combinarlos de multitud maneras. Su uso en este proyecto ha facilitado la labor de maquetación, adecuando la memoria para su impresión.
- **After Effects:** Es una aplicación destinada a la composición de video, especializada en efectos especiales, siendo en este ámbito uno de los software más potentes del mercado.
En el proyecto se ha utilizado para la realización de transiciones y distintos efectos que aparecen en los videos de la presentación.
- **Premiere:** Se trata de un software especializado en la edición de video. Su forma de trabajo es muy similar a la de After Effects, dado que los dos pertenecen a la marca Adobe.
En el proyecto se ha empleado para el montaje final de los videos de la presentación.





Anexo III

Carga de Actores en el motor gráfico Maxine





En este anexo se explicarán las directrices a seguir en el proceso de carga de un actor al motor gráfico Maxine desarrollado por el grupo GIGA. Lo que se pretende es realizar una guía para explicar las condiciones que se deben de mantener en cada una de las fases para que no surjan errores. De esta manera se facilitará el proceso para futuros proyectos.

El motor gráfico Maxine está basado en la librería de animación esquelética Cal3D. Los modelos que se vayan a importar al motor pueden crearse en cualquier software de animación 3D, como por ejemplo 3DS Max, pero siempre tienen que convertirse al formato específico utilizado en Cal3D.

Para poder realizar la conversión es necesario tener instalado el plugin de exportación a Cal3D correspondiente al software de animación con el que se esté trabajando. En este caso se ha utilizado el programa 3D Studio Max, por lo que a continuación se explicarán los pasos que se han de seguir para realizar la exportación desde este software.

Antes de iniciar 3DS Max se instalarán los componentes del plugin de exportación a Cal3D. Para ello hay que copiar la librería cal3d.dll en el directorio 3dsMax y el archivo cal3d_max_exporter.dle en la carpeta de plugins del propio programa.

Una vez instalados los componentes ya se puede iniciar 3DS Max y cargar el personaje. Cada modelo virtual que se ha realizado en 3DS se tiene que exportar por partes: esqueleto, malla, materiales y animaciones.





Exportación del esqueleto

Con el personaje cargado en pantalla, se accede al menú “file” y posteriormente a su apartado “export” consiguiendo que aparezca una ventana en la que se pide que se seleccione el tipo de fichero a exportar. Se elegirá la opción denominada Cal3D Skeleton File. Por defecto la extensión del archivo será CSF pero si se quiere se puede especificar un formato XSF el cual guardará toda la información del esqueleto en formato XML. Después de guardar aparecerá la siguiente pantalla (ver imagen 9.1):

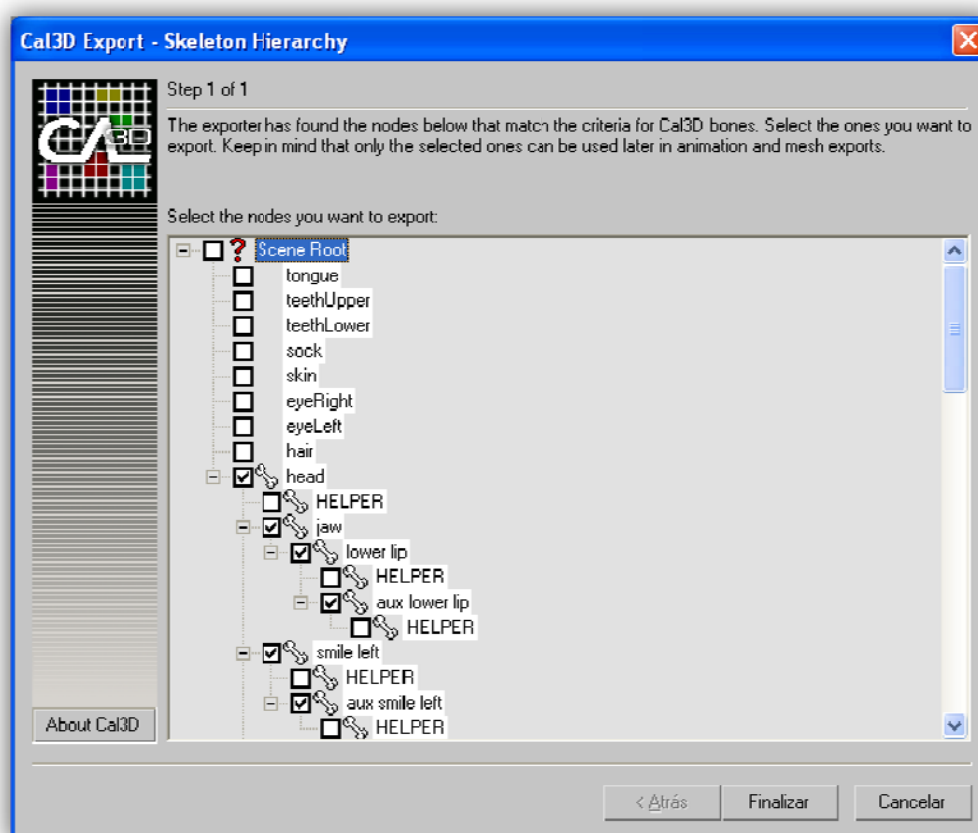


Imagen 9.1 Ventana de selección de los huesos que forman el esqueleto.





Esta ventana muestra todos los objetos que se han creado (mallas, huesos,...), pero solamente se tienen que seleccionar los huesos. Cada hueso o cadena de huesos que ha sido creado en 3DS suele acabar en un “nub” o “efector” (ver imagen 9.2), el cual se utiliza para mover dicho hueso o cadena de huesos al hacer las animaciones. Estos nub no deben ser exportados en el esqueleto ya que Cal3D no los utiliza para nada y pueden producir errores. En la imagen 9.1 se puede ver estos “nub” representados por una cruz verde.

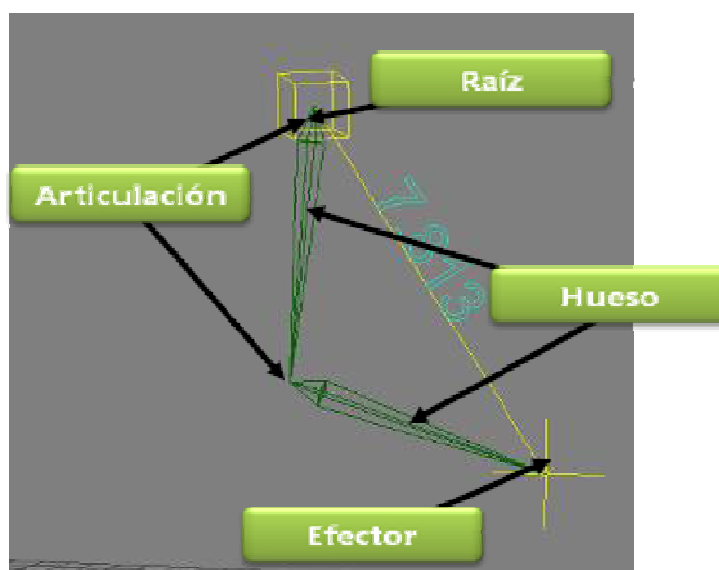


Imagen 9.2 Partes de una cadena de huesos.

Exportación de la malla

Se selecciona la malla que se quiere exportar y de nuevo se accede a “file” y después a “export”, pero esta vez se selecciona el formato Cal3d Mesh File. Al igual que para el esqueleto, se tiene la posibilidad de guardar la malla en formato XML si se selecciona la extensión XMF. En el siguiente paso se pide la selección del esqueleto asociado a la malla que se está exportando. Este es el que se ha exportado anteriormente.





Por último se mostrará la siguiente pantalla (*ver imagen 9.3*), en la que hay que configurar dos parámetros. El primero, el más importante, indica el número máximo de huesos diferentes que pueden afectar a un mismo vértice. Si un vértice es controlado, por ejemplo, por 3 huesos y se especifica en el parámetro tan sólo 2, las animaciones no funcionarán y surgirán problemas después en Maxine. Normalmente un vértice no se ve afectado por más de 4 huesos a la vez, por lo que se aconseja marcar 5 en este parámetro.

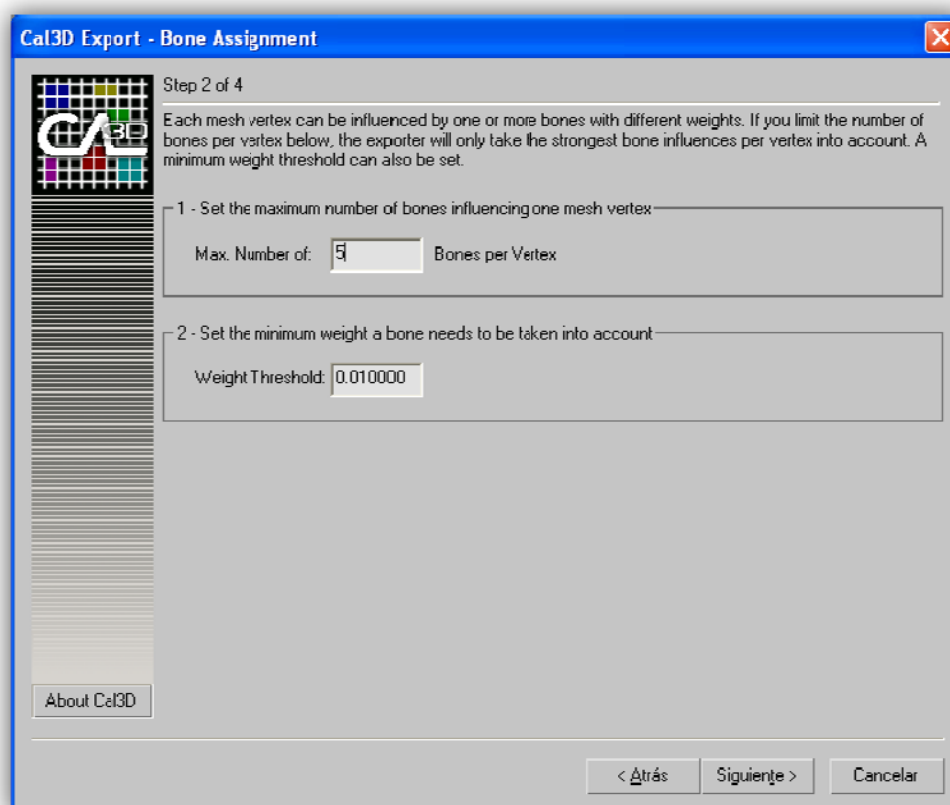


Imagen 9.3 Ventana de ajuste de parámetros.

El segundo parámetro indica el umbral mínimo a partir del cual se tendrán en cuenta los pesos asignados a un vértice con respecto de los huesos. En el proceso de rigging, algunos vértices que deberían tener peso 0, se quedan con 0.1 o 0.05. Este parámetro permite solucionar el problema con un umbral numérico. Normalmente con un umbral de 0.1 será suficiente.





Después de ajustar estos parámetros se accede a la ventana de la *imagen 9.4* la cual permite la generación de mallas progresivas. Es conveniente activar esta opción cuando se trabaja con modelos con un gran nivel de detalle, pero provocará que el tiempo del proceso de exportación sea mayor, con lo que sólo conviene hacerlo cuando se sepa que el modelo es el final.

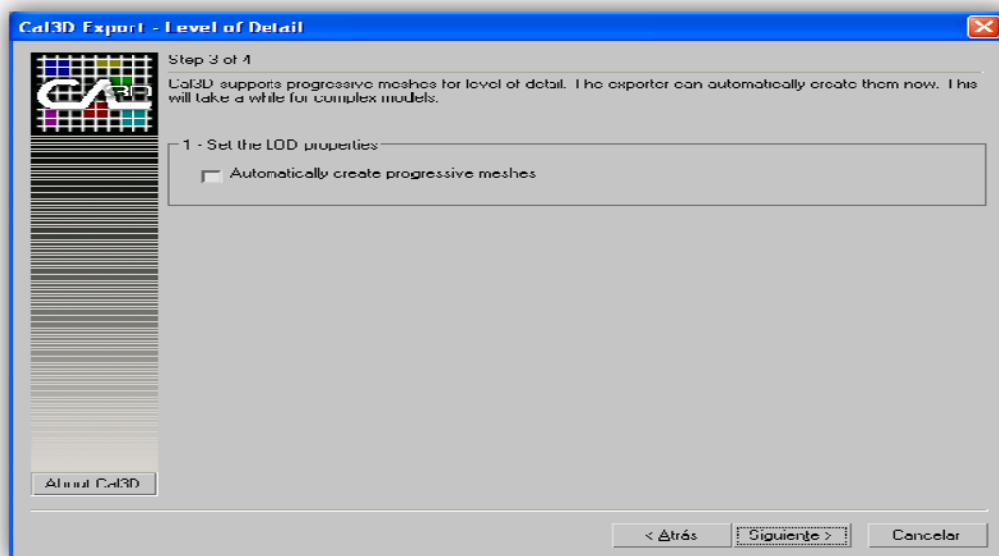


Imagen 9.4 Ventana de generación de mallas progresivas.





Exportación de materiales

De nuevo se accede al menú “file” y a su apartado “export”, y esta vez se selecciona Cal3d Material File como tipo de archivo. Se puede elegir entre las extensiones CRF o XRF (esta última en formato XML). Seguidamente aparecerá la siguiente ventana (ver imagen 9.5) en la que se muestran todos los materiales que se han utilizado en el modelo:

En ella se seleccionara el material que se quiere exportar y se finalizara el proceso. Esta fase ha de repetirse con cada uno de los materiales que se quieran exportar.

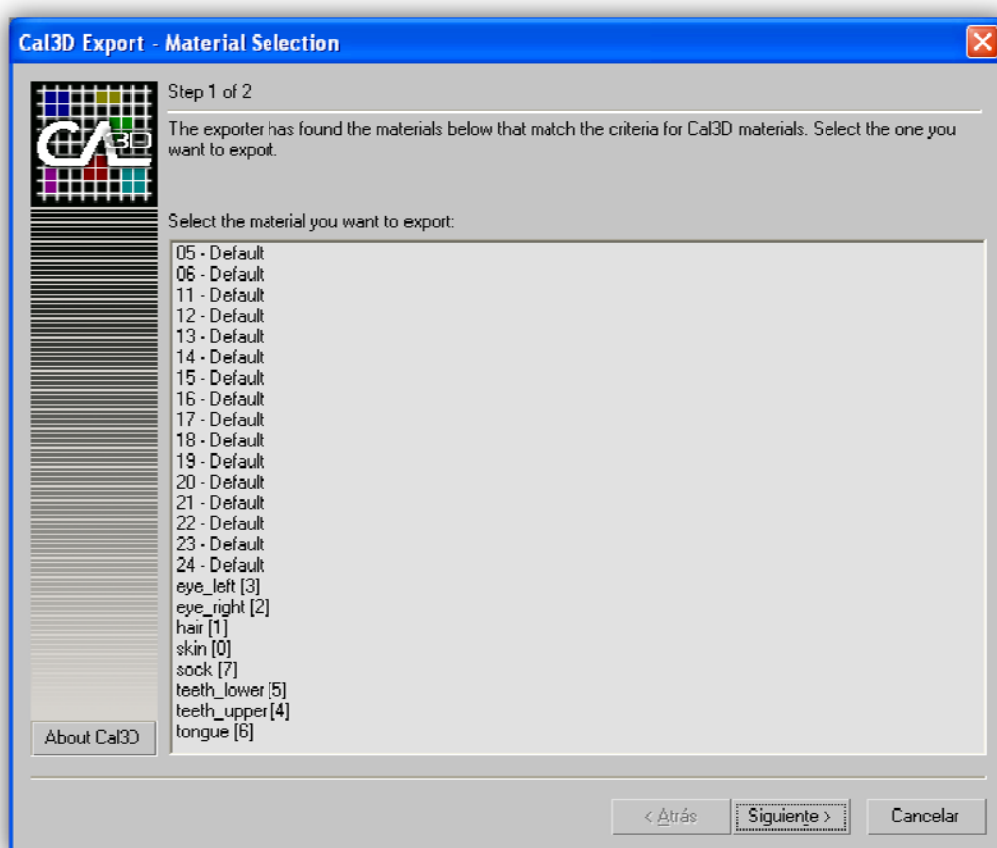


Imagen 9.5 Ventana en la que se muestra la lista de los materiales a exportar.





Exportación de las animaciones

Otra vez se repite el proceso pero esta vez en el apartado “export” se selecciona el formato cal3d Animation File, que permite la opción de las extensiones CAF o XAF.

En el siguiente paso se pide la selección del esqueleto que controla la malla en la animación que se está exportando. Una vez seleccionado se muestra en pantalla la ventana de la *imagen 9.6*.

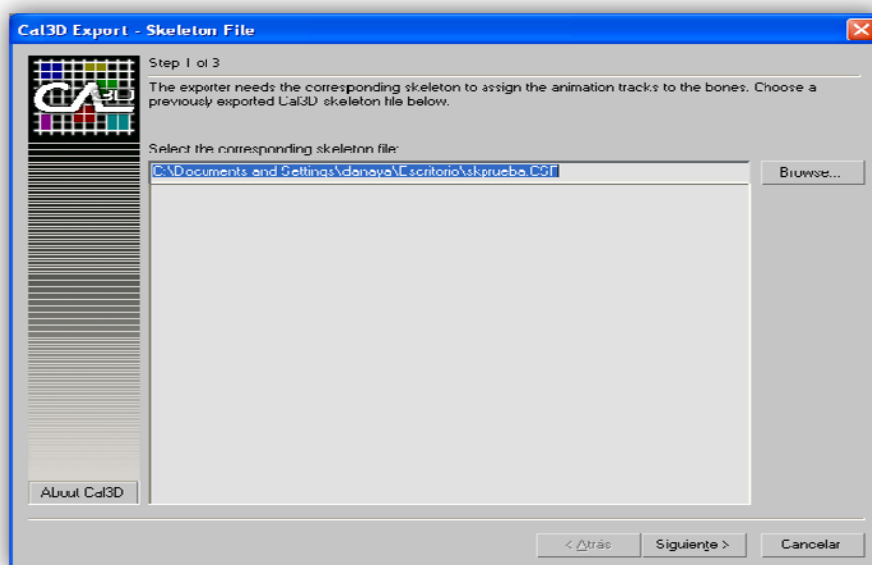


Imagen 9.6 Ventana de selección del esqueleto que controla la animación.

En ella se deben de seleccionar los huesos que participan en la animación y que por consiguiente se quieren exportar. Todos los que no participan en la animación tienen que estar deseleccionados para que luego no surjan errores. Por ejemplo: si en la animación de guiñar el ojo izquierdo se selecciona el hueso de la cabeza, el cual no tiene movimiento en esta animación, provocará que un actor no pueda mover la cabeza hacia un lado a la vez que guiña un ojo, debido a que en la animación del guiño se ha indicado que participaba el hueso de la cabeza, y éste no se movía.





En el último paso se requieren las especificaciones de duración de la animación, así pues se tiene que indicar el número de frame de inicio de la animación y el del final. Además de indicar la velocidad de frames por segundo para que la animación se reproduzca de la manera deseada (30 frames/segundo es lo recomendado) (ver imagen 9.7).

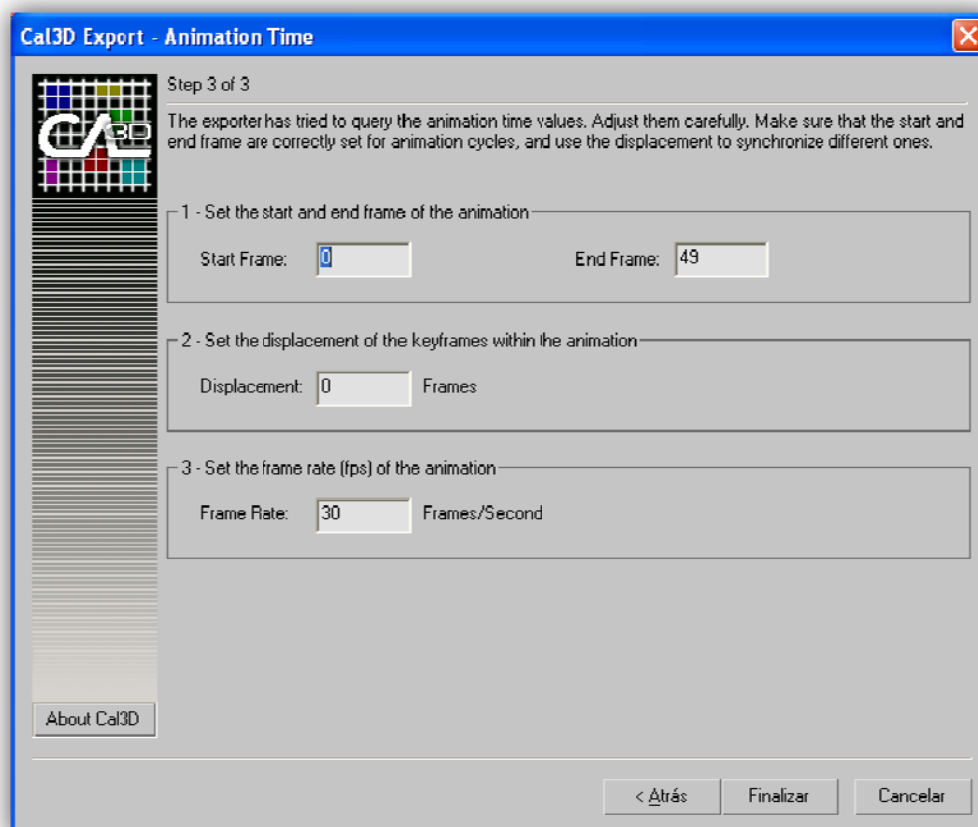


Imagen 9.7 Ajuste de los parámetros de duración y velocidad de la animación.





Carga de las exportaciones en Maxine

Para que el motor gráfico maxine interprete adecuadamente cada uno de los archivos que se han generado al exportar el actor y sus animaciones, es necesario crear un fichero de instrucciones en código LUA. A continuación se muestra un ejemplo de este tipo de ficheros en el que se puede observar el orden adecuado en el que el motor gráfico carga cada uno de los archivos exportados (*ver imagen 9.8*). Un aspecto importante que hay que verificar es el orden de carga de los materiales, puesto que se deben cargar en el mismo orden en el que fueron exportados, ya que si no pueden surgir errores.

```
act = actor();

-- Carga del esqueleto
DIR = './data/woman/skeleton/';
act:loadSkeleton(DIR .. "sk_woman.CSF");

-- Carga de las mallas
DIR = './data/woman/meshes/';
act:loadMesh(DIR .. "skin_woman.CMF");
act:loadMesh(DIR .. "left_eye_woman.CMF");
act:loadMesh(DIR .. "right_eye_woman.CMF");
act:loadMesh(DIR .. "hair_woman.CMF");

-- Carga de los materiales
DIR = './data/woman/materials/';
act:loadMaterial(DIR .. "skin_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "hair_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "eye_right_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "eye_left_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "teeth_upper_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "teeth_lower_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "tongue_woman.CRF");
act:loadMaterial(DIR .. "sock_woman.CRF");

-- Carga de las animaciones
DIR = './data/woman/animations/deformations/';
act:loadAnimation("chinese", DIR .. "chinese_woman.XAF");
act:loadAnimation("unchinese", DIR .. "unchinese_woman.XAF");
act:loadAnimation("stretch", DIR .. "stretch_eyes_woman.XAF");
act:loadAnimation("widen", DIR .. "widen_eyes_woman.XAF");
act:loadAnimation("contract", DIR .. "contract_eyes_woman.XAF");
act:loadAnimation("close_eyes", DIR .. "close_eyes_woman.XAF");

act:create();
```

Imagen 9.8 Ejemplo de archivo .lua.

