



ANIMACIÓN POR ORDENADOR

Tema 5

Jerarquías. Técnicas de esqueleto.
Cinemática directa e inversa. Rigging.
Skinning. Deformaciones. Morphing.



CONTENIDO

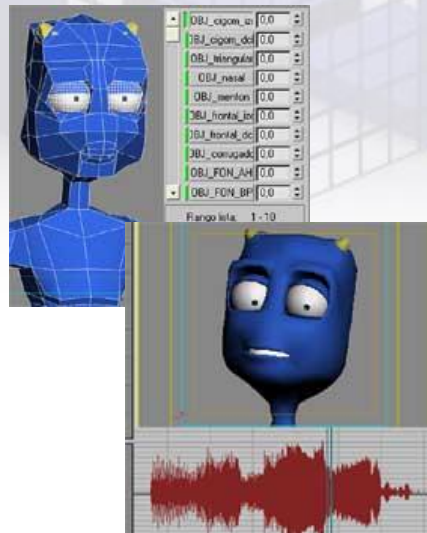
1. Jerarquías.
2. Técnicas de esqueleto.
3. Cinemática directa e inversa.
4. Rigging.
5. Skinning.
6. Deformaciones.
7. Animación facial.
8. Morphing.



DEFORMACIONES - MORPHING

Animación facial

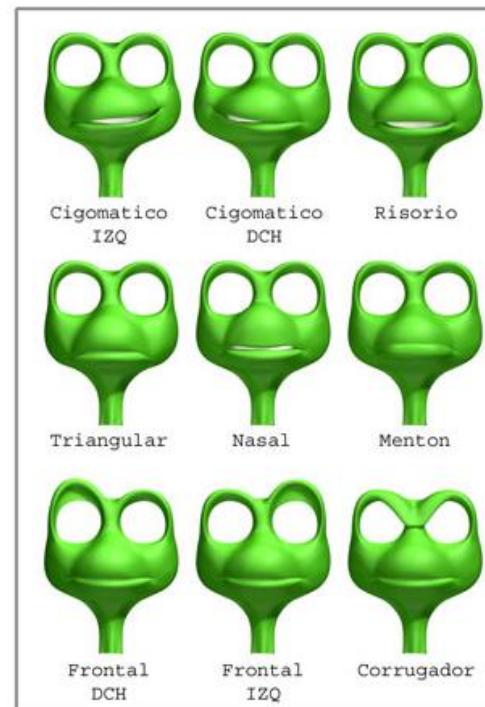
- Necesidad de mostrar expresiones en las caras de los personajes.
- Imprescindible en sincronización labial.
- Definición de distintas poses clave y mezcla de ellas para obtener nuevas expresiones.



Objetivos faciales comunes



Musculos:



Fonemas:

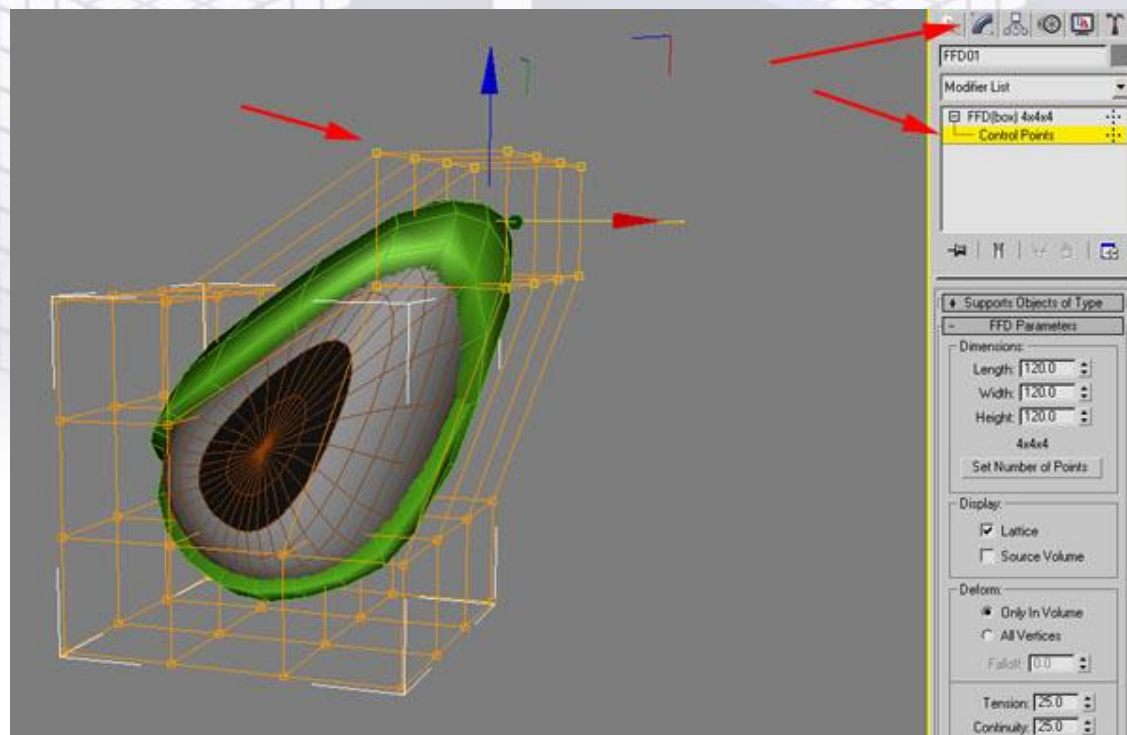
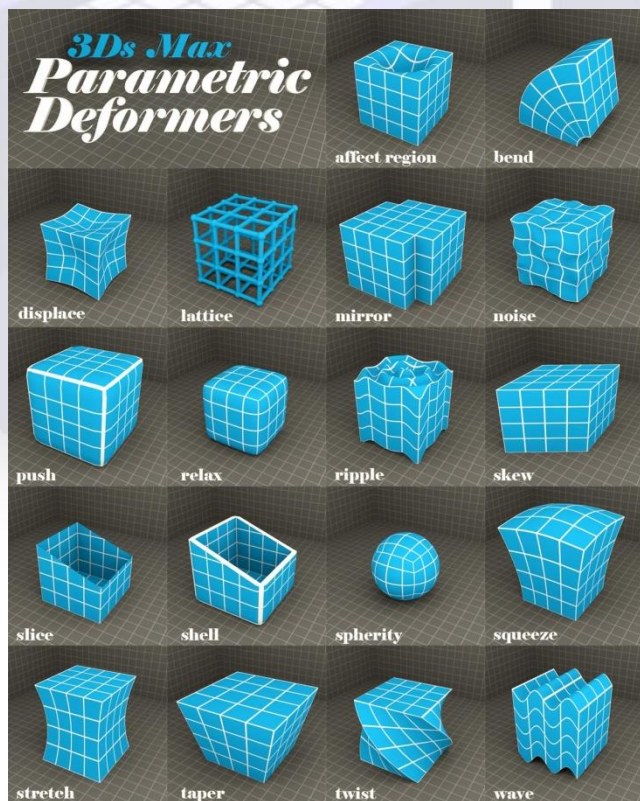




DEFORMACIONES

Modificadores

- Permiten controlar la deformación de una la malla poligonal
- Dos tipos básicos: predefinidos (paramétricos) y FFD (libres de forma)





ANIMACION FACIAL: CARACTERÍSTICAS

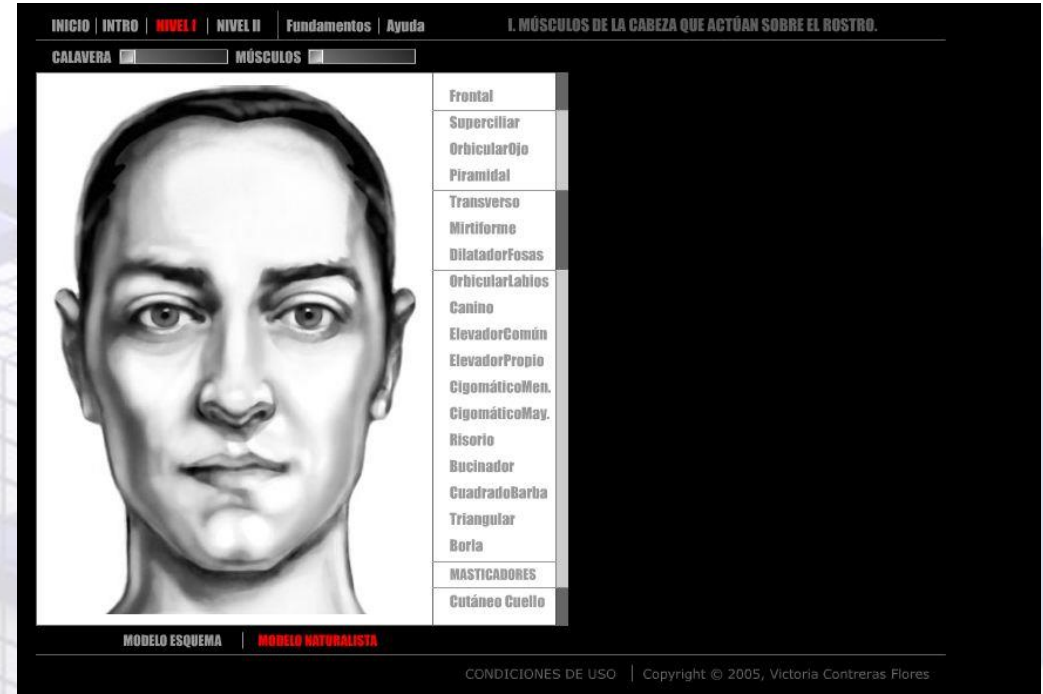
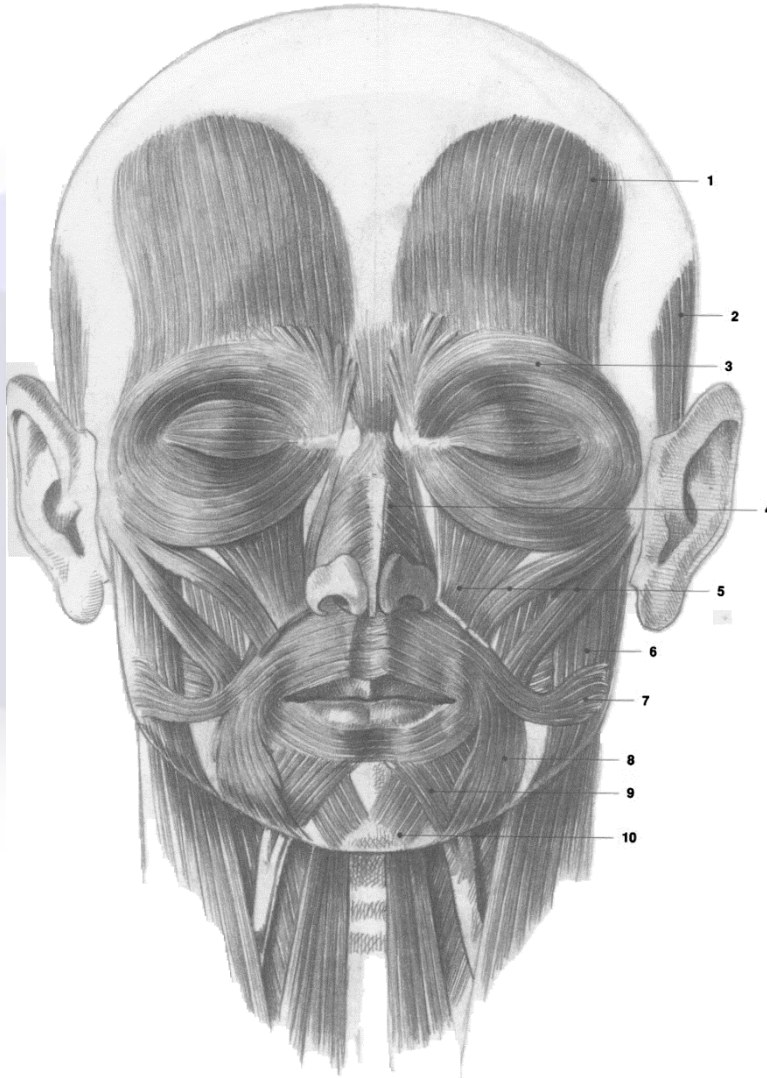
Principales características para faciales:

- Piel *deformable*
- Pelo
- Ojos
- Mandíbula (dientes)
- Lengua
- Interior de la boca

Cada una necesita estrategias diferentes para animarlas



MÚSCULOS FACIALES



<http://www.artnatomia.net/>

Aplicación multimedia interactiva para conocer qué músculos faciales afectan a cada movimiento.



FACS: FACIAL ACTION CODING SYSTEM (EKMAN)

El sistema de Codificación Facial de Acciones (o en inglés “*Facial Action Coding System*”, FACS) sirve para clasificar todas las expresiones del rostro humano que sea posible imaginar.

Fue creado por Paul Ekman y Wallace Friesen en 1976.

Cada musculo produce cambios en la apariencia de la cara llamados
Action Units (AU's).

Pensad en estos *AU's* como letras del alfabeto de las expresiones faciales.

Si combináis esas letras, formáis palabras:

Las expresiones faciales



ACTION UNITS (AU'S): EL ALFABETO

Las intensidades de los **FACS** están enumeradas de A-E (del mínimo al máximo) junto al numero de la *Action Unit* (Ej.: AU 1A es el mínimo rasgo de AU 1 y AU 1E es la máxima intensidad posible para una persona)

- A - Rastro
- B - Leve
- C - Marcado o pronunciado
- D - Severo o Extremo
- E - Máximo



ACTION UNITS (AU'S): EL ALFABETO

ACTION UNITS	MÚSCULO	ACCIÓN	CÓMO RECONOCERLA	VÍDEO
AU1	Frontal	Levantar ceja interior	Arrugas en el centro de la frente	Vídeo
AU2	Frontal	Levantar ceja exterior	Arrugas en el exterior de la frente	Vídeo
AU4	Superciliar	Bajar cejas	Fruncir el ceño, pero sólo el ceño	Vídeo
AU5	Párpado Superior	Subir párpado superior	Eleva el párpado	Vídeo
AU6	Orbicular	Levantar las mejillas	Las "patas de gallo"	Vídeo
AU9	Transverso	Arrugar la nariz	Arrugas en la nariz	Vídeo
AU10	Elevador Común	Levantamiento de labio superior	Mostrándonos los dientes superiores	Vídeo
AU12	Cigomático Menor	Elevar comisuras del labio	Esa forma de "U" en la boca, la sonrisa.	Vídeo
AU14	Bucinador	Hoyuelo	La boca se alarga horizontalmente	Vídeo
AU15	Triangular	Depresor de las esquinas del labio	Estira las comisuras de los labios hacia abajo	Vídeo
AU16	Cuadrado Barba	Depresor del labio inferior	Exponiendo los dientes inferiores e incluso las encías	Vídeo
AU17	Borla	Elevador de barbilla	Subida de la barbilla y a su vez, la subida del labio inferior.	Vídeo
AU18	Orbicular Labios	Contracción de labios	Cuando decimos la "U", al silbar	Vídeo
AU20	Cutáneo Cuello	Contracción de los músculos del cuello	Músculos del cuellos tensos	Vídeo
AU22	Orbicular Labios	Labios en embudo	Como si fueses a decir la palabra "FLIRT".	Vídeo
AU26	Masticador	Caída de mandíbula	No debe haber tensión en la mandíbula	Vídeo



GRUPOS DE EXPRESIONES 'UNIVERSALES'

- Tristeza
- Enfado/Ira
- Felicidad
- Miedo
- Asco
- Sorpresa

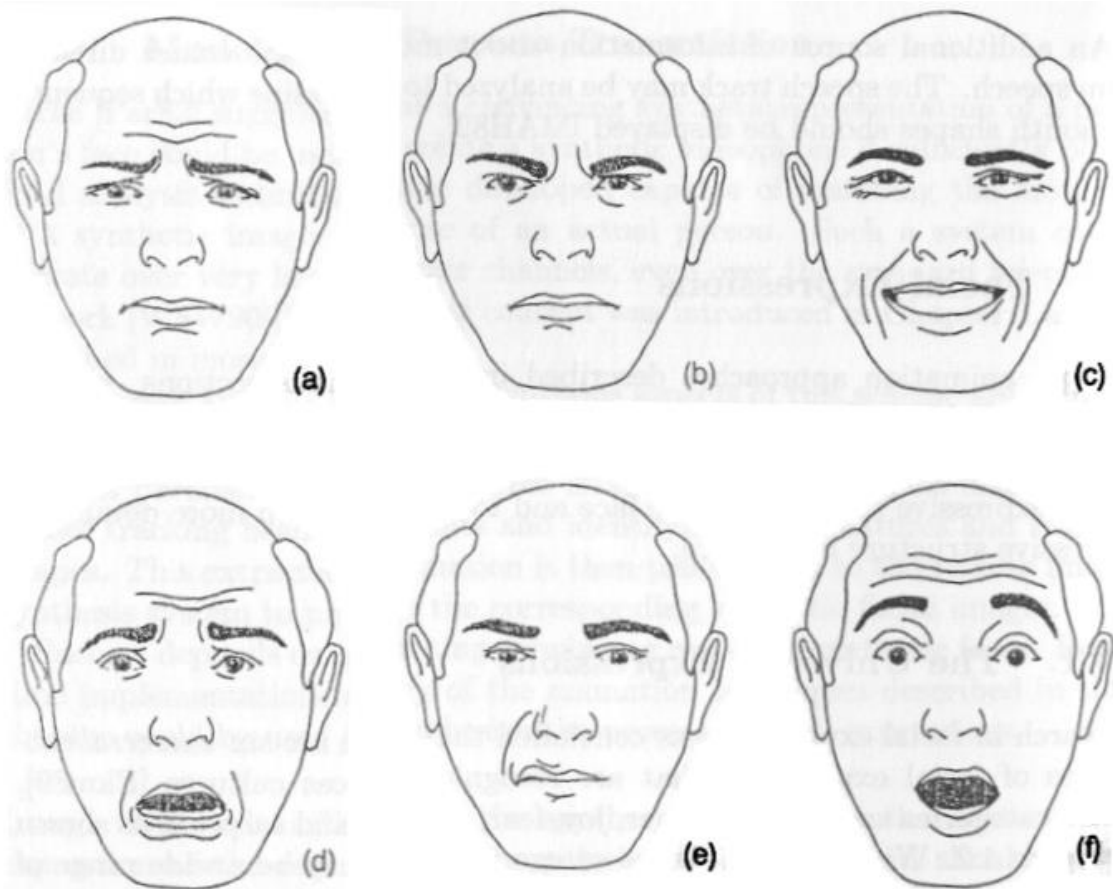


Figure 4.2.
The universal expressions: (a) sadness, (b) anger, (c) joy, (d) fear, (e) disgust, and (f) surprise.



EMOCIONES BÁSICAS

Enfado/Ira



- Fruncimos el ceño y levantamos el exterior de las cejas
- Arrugamos la nariz y levantamos un poco las mejillas
- Mostramos dientes superiores e inferiores
- Ponemos un poco los labios en embudo
- Nuestra cabeza baja un poco enseñando la frente

ACTION UNITS	Anger
AU1	-
AU2	C
AU4	E

AU5	D
AU6	D
AU9	D

AU10	E
AU12	-
AU14	A
AU15	C
AU16	D
AU17	C

AU18	-
AU20	E
AU22	B

AU26	-
------	---



EMOCIONES BÁSICAS

Tristeza



- Fruncimos el ceño y levantamos el interior de las cejas
- Arrugamos un poco la nariz y levantamos un poco las mejillas
- Estiramos las comisuras hacia abajo y subimos la barbilla
- Apretamos y afinamos los labios
- Solemos tener los ojos mirando al vacío y nos salen lágrimas

ACTION UNITS	Sadness
AU1	D
AU2	-
AU4	D

AU5	-
AU6	C
AU9	C

AU10	B
AU12	A
AU14	B
AU15	D
AU16	-
AU17	E

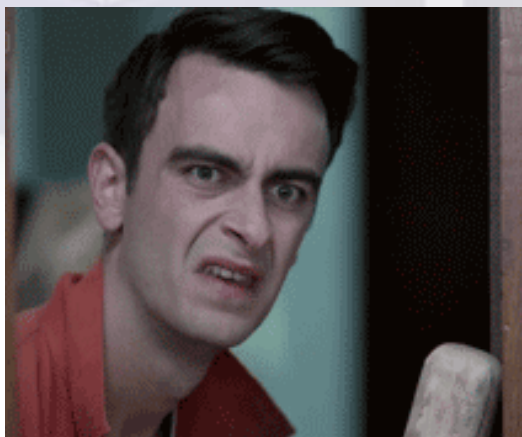
AU18	A
AU20	-
AU22	-

AU26	-
------	---



EMOCIONES BÁSICAS

Repugnancia



- Fruncimos el ceño y levantamos un poco el exterior de las cejas
- Arrugamos al máximo la nariz y levantamos mejillas
- Bajamos las comisuras, subimos la barbilla y enseñamos los dientes superiores
- Los músculos del cuello están tensos
- Dejamos caer la mandíbula para abrir un poco la boca
- En general, nuestra cara se pone asimétrica y apartamos la cabeza de donde nos viene nuestra repugnancia

ACTION UNITS	Disgust
AU1	-
AU2	B
AU4	E

AU5	-
AU6	C
AU9	E

AU10	D
AU12	-
AU14	B
AU15	D
AU16	A
AU17	E

AU18	-
AU20	E
AU22	-

AU26	C
------	---



EMOCIONES BÁSICAS

Sorpresa



- Levantamos cejas interiores y exteriores al máximo
- Abrimos parpado superior
- Dejamos caer totalmente la mandíbula y ponemos un poco la boca en “O”
- La cabeza suele ir hacia a arriba y un poco atrás. En animación reforzamos la intención con “Strech”

ACTION UNITS	Surprise
AU1	E
AU2	D
AU4	-

AU5	E
AU6	-
AU9	-

AU10	-
AU12	-
AU14	-
AU15	-
AU16	-
AU17	-

AU18	B
AU20	-
AU22	-

AU26	E
------	---



EMOCIONES BÁSICAS

Miedo



- Fruncimos el ceño y levantamos el interior de las cejas (más o menos como en la tristeza)

- Los parpados superiores están muy abiertos y levantamos mejillas

- Estiramos las comisuras hacia abajo y enseñamos un poco los dientes superiores

- Los músculos del cuello están tensos y ponemos un poco la boca en embudo

- La mandíbula está abierta

- La cabeza se hunde entre nuestros hombros

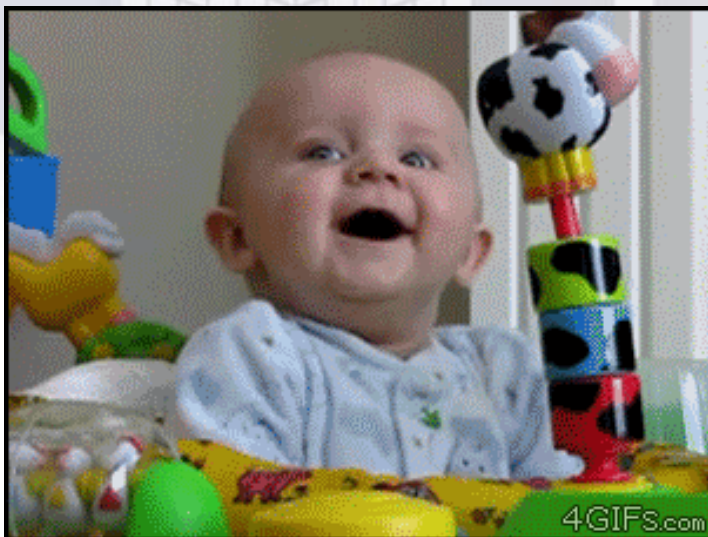
ACTION UNITS	Fear
AU1	D
AU2	-
AU4	D

AU5	E
AU6	C
AU9	C

AU10	B
AU12	-
AU14	B
AU15	D
AU16	B
AU17	B

AU18	-
AU20	E
AU22	B

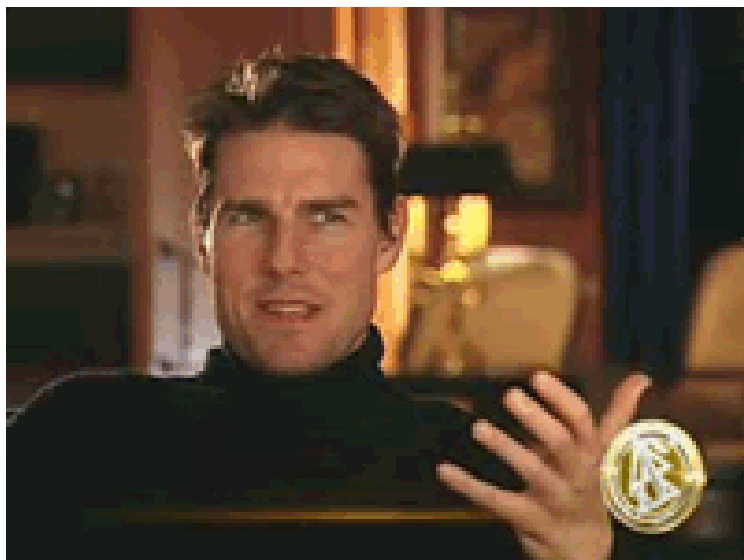
AU26	C
------	---





EMOCIONES BÁSICAS

Alegría / Felicidad



- Levantamos un poco la ceja interior
- Levantamos las mejillas
- Usamos los cigomáticos para marcar la sonrisa y enseñamos un poco dientes superiores e inferiores
- Relajamos la mandíbula

ACTION UNITS	Happiness
AU1	A
AU2	-
AU4	-

AU5	-
AU6	D
AU9	-

AU10	B
AU12	E
AU14	B
AU15	-
AU16	C
AU17	-

AU18	-
AU20	B
AU22	-

AU26	C
------	---



EMOCIONES BÁSICAS

ACTION UNITS	MUSCULO	ACCION	VÍDEO	Anger	Sadness	Disgust	Surprise	Fear	Happiness
AU1	Frontal Central	Levantar ceja interior	Vídeo	-	D	-	E	D	A
AU2	Frontal Exterior	Levantar ceja exterior	Vídeo	C	-	B	D	-	-
AU4	Superciliar	Bajar cejas	Vídeo	E	D	E	-	D	-
AU5	Parpado Superior	Subir párpado superior	Vídeo	D	-	-	E	E	-
AU6	Orbicular	Levantar las mejillas	Vídeo	D	C	C	-	C	D
AU9	Transverso	Arrugar la nariz	Vídeo	D	C	E	-	C	-
AU10	Elevador Común	Levantamiento de labio superior	Vídeo	E	B	D	-	B	B
AU12	Cigomático Menor	Elevar comisuras del labio	Vídeo	-	A	-	-	-	E
AU14	Bucinador	Hoyuelo	Vídeo	A	B	B	-	B	B
AU15	Triangular	Depresor de las esquinas del labio	Vídeo	C	D	D	-	D	-
AU16	Cuadrado Barba	Depresor del labio inferior	Vídeo	D	-	A	-	B	C
AU17	Borla	Elevador de barbilla	Vídeo	C	E	E	-	B	-
AU18	Orbicular Labios	Contracción de labios	Vídeo	-	A	-	B	-	-
AU20	Cutáneo Cuello	Contracción de los músculos del cuello	Vídeo	E	-	E	-	E	B
AU22	Orbicular Labios	Labios en embudo	Vídeo	B	-	-	-	B	-
AU26	Masticador	Caída de mandíbula	Vídeo	-	-	C	E	C	C



LECTURAS RECOMENDADAS SOBRE ANIMACIÓN FACIAL

Libros

- “Computer Facial Animation” (Parke, Waters)
- “The Artist’s Complete Guide to Facial Expression” (Faigin)
- “The Expression of Emotions in Man and Animals” (Darwin)

Artículos

- “A Survey of Facial Modeling and Animation Techniques” (Noh)



MODELADO FACIAL

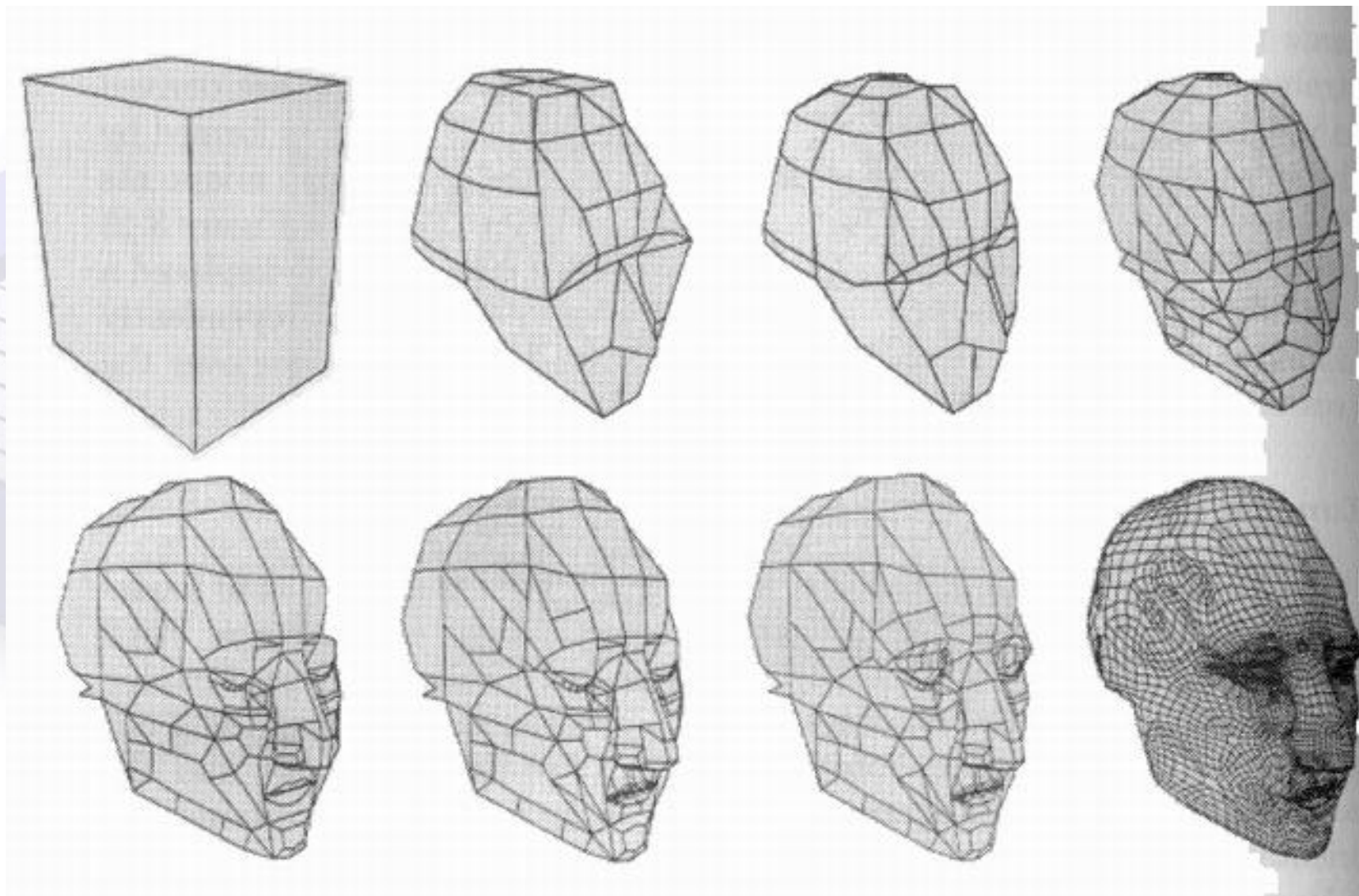
Preparar la geometría facial de un personaje y todas las expresiones necesarias necesita gran cantidad de trabajo.

Hay varias técnicas para modelado facial:

- Modelado tradicional (en un modelador 3D interactive)
- Fotografía y digitalizar (en 2D con un ratón)
- Esculpir y digitalizar (con un digitalizador 3D)
- Escáner (laser)
- Visión (a partir de imágenes 2D o vídeo)

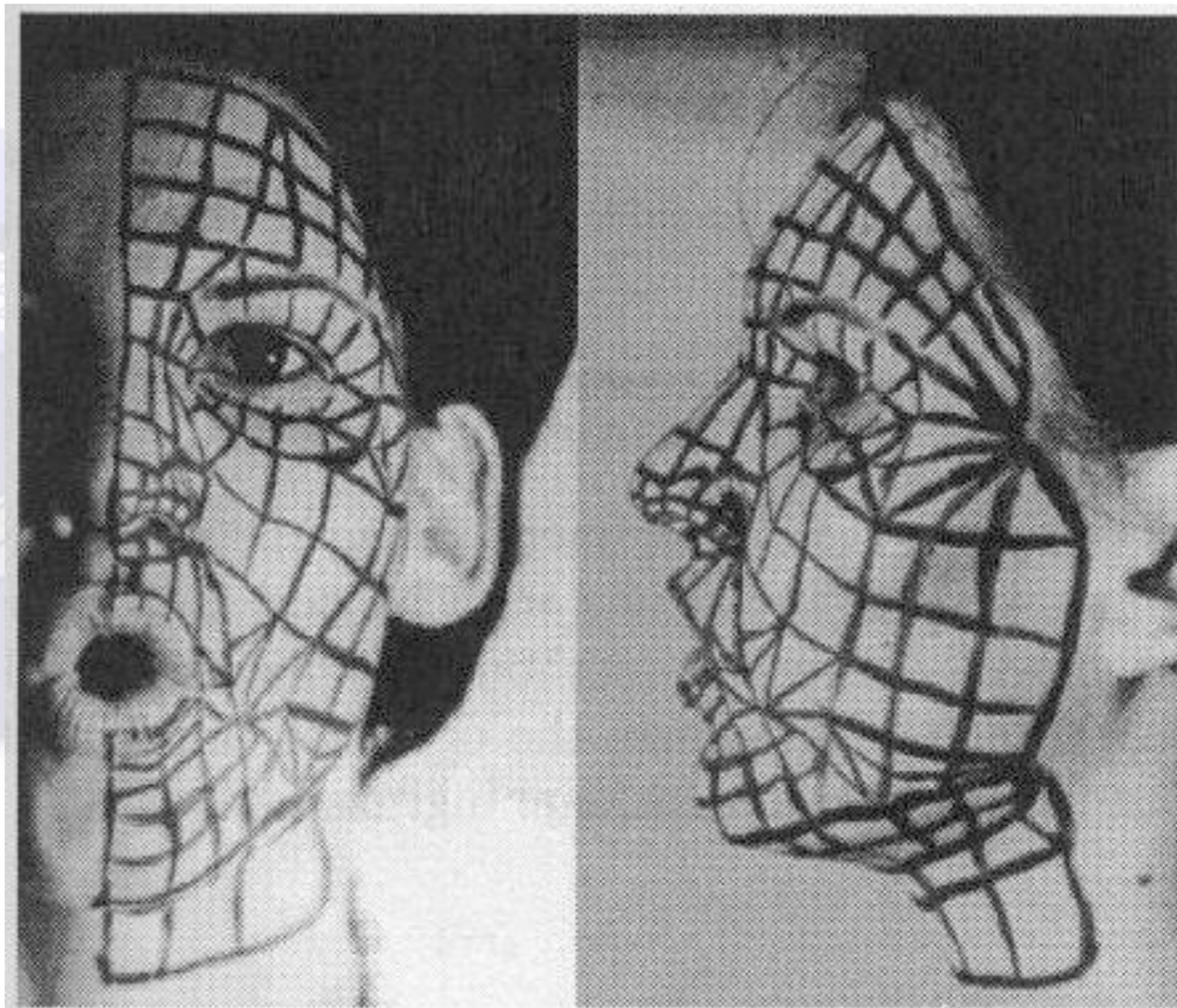


MODELADO TRADICIONAL



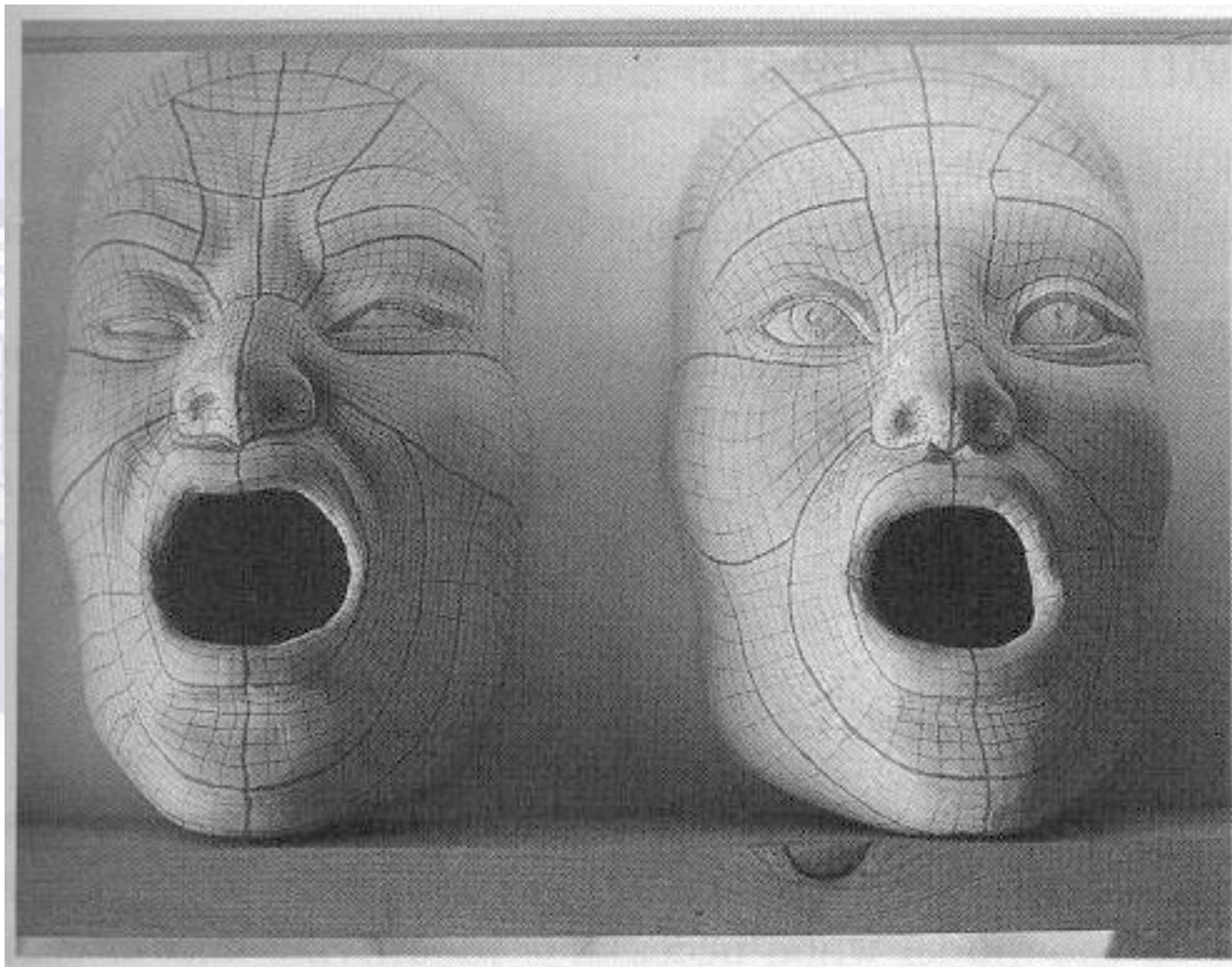


FOTOGRAFÍA Y DIGITALIZACIÓN





ESCULPIR Y DIGITALIZAR



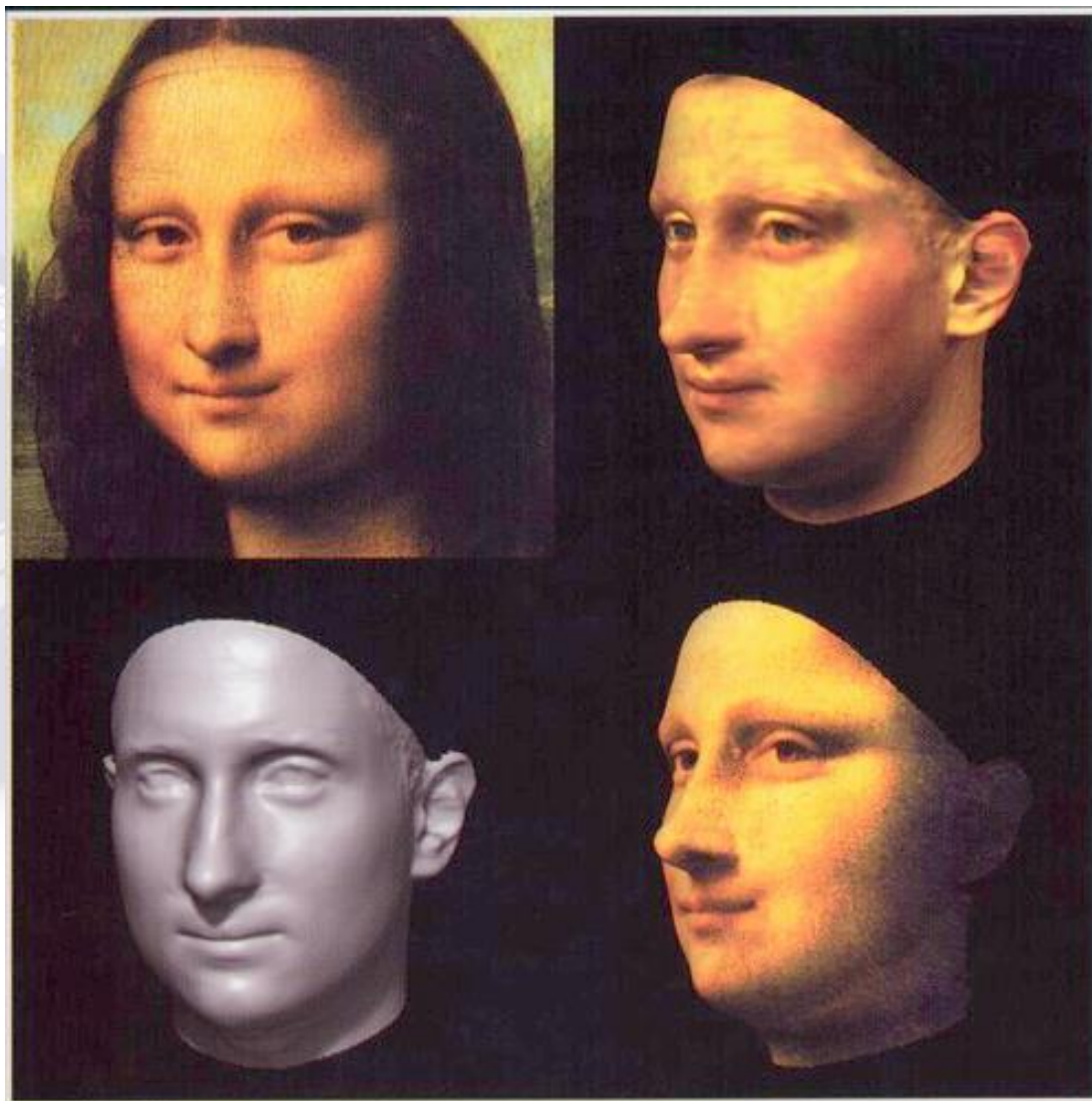


ESCÁNER LÁSER





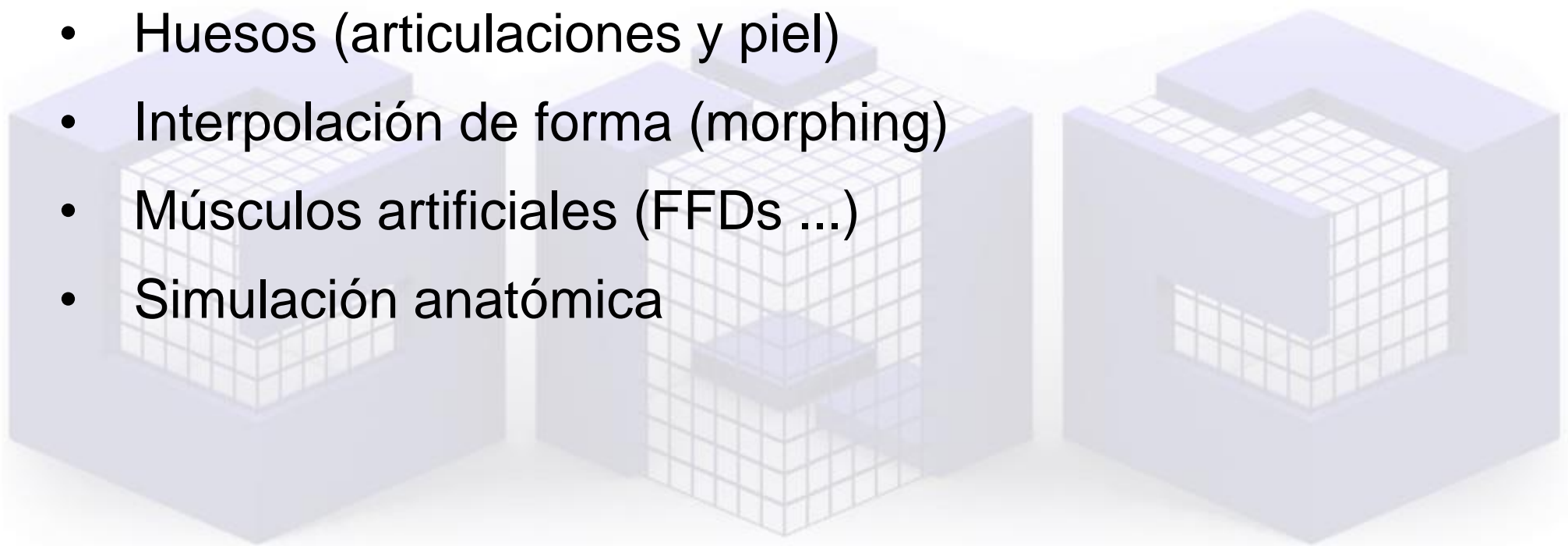
TÉCNICAS DE VISION POR ORDENADOR





TÉCNICAS PARA EXPRESIONES FACIALES

- Intercambio/mezcla de texturas
- Huesos (articulaciones y piel)
- Interpolación de forma (morphing)
- Músculos artificiales (FFDs ...)
- Simulación anatómica





MÉTODOS BASADOS EN TEXTURAS

- Un primer enfoque de muy baja calidad para hacer expresiones faciales es simplemente usar intercambio o mezcla de mapas de textura en la cara.
- Obviamente, es bastante simple y realmente no modela deformaciones reales de la piel de la cara
- Pero puede ser sea aceptable para personajes con poco detalle (lejanos) o para videojuegos y animaciones limitadas.
- Sin embargo, los métodos basados en textura se pueden combinar con métodos geométricos para lograr ciertos efectos interesantes:
 - Arrugas
 - Expresiones vasculares (rubor, por ejemplo)





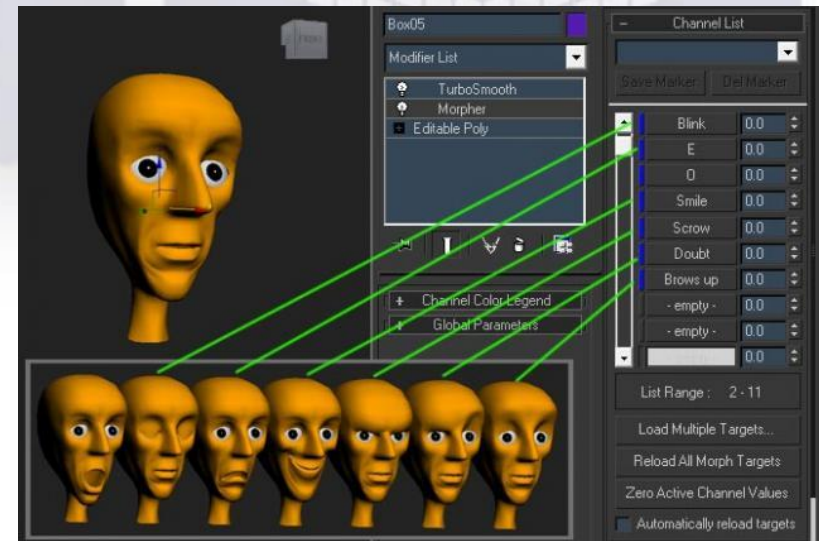
MÉTODOS BASADOS EN HUESOS Y PIEL

- Es fácil controlar la mandíbula y los ojos mediante huesos y piel.
- También se puede utilizar un sistema de esqueleto bastante estándar para hacer los músculos faciales y deformaciones de la piel, utilizando pesos en la mezcla en el skinning.
- Esto da un buen mecanismo de control y es adecuado para animación de calidad media, sin demasiado detalle.



INTERPOLACIÓN DE FORMAS (MORPHIG)

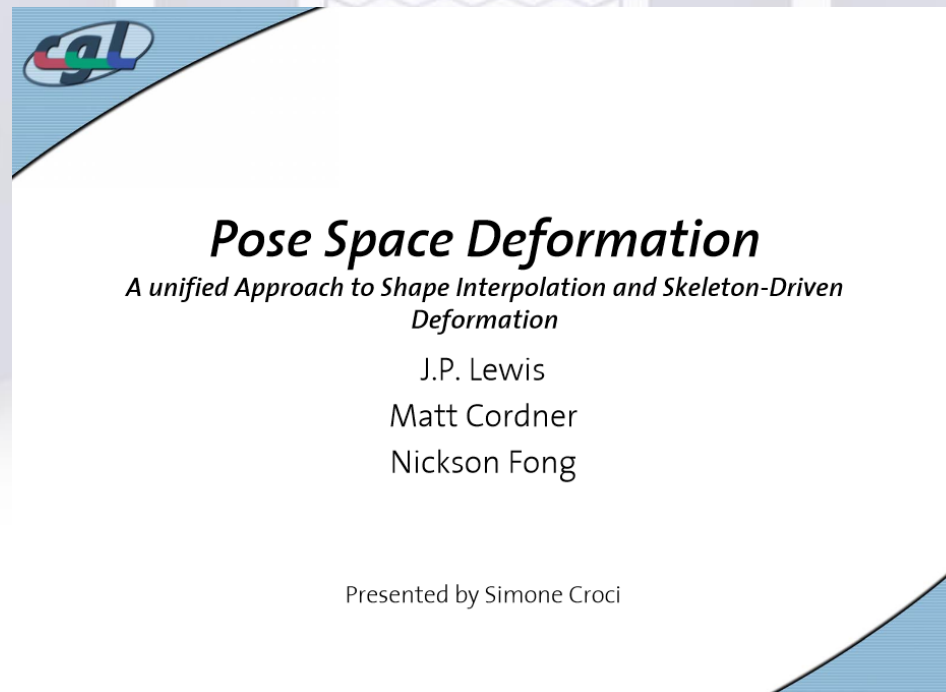
- Uno de los métodos más populares en la práctica es el uso de interpolación de formas (morphig)
- Se crean diferentes expresiones sobre copias exactas (misma geometría y topología) del modelo original y estas se mezclan para conseguir la expression final.
- Se puede interpolar la cara completa (de feliz a triste) o solo zonas concretas (cerrar un ojo, subir una ceja,...)
- A cada una de las expresiones se le denomina “*objetivos de interpolación*”
- Se utilizan controles para indicar la cantidad de mezcla de cada objetivo





POSE SPACE DEFORMATION

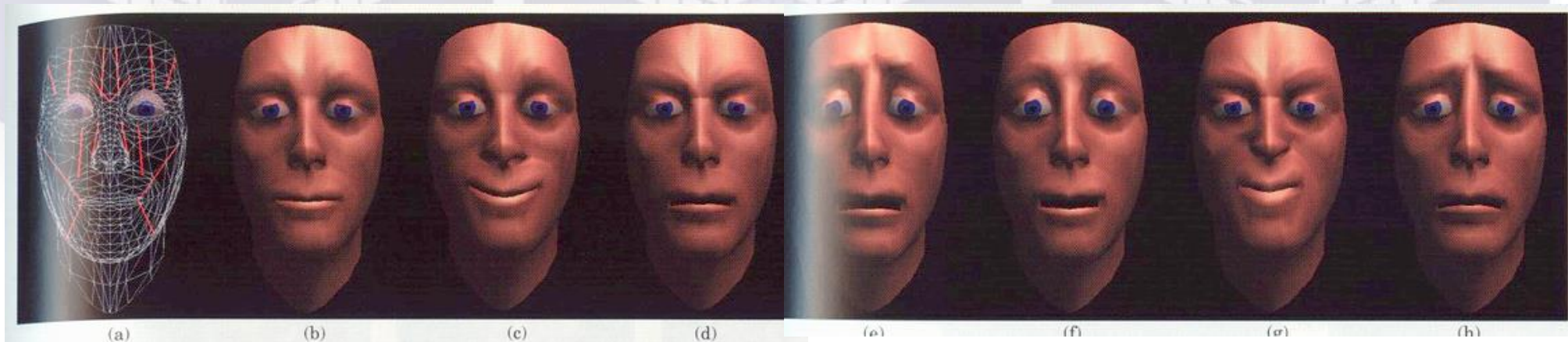
PSD (Pose Space Deformation) es un método avanzado de interpolación de formas que puede usarse tanto para expresiones faciales como para otras deformaciones de piel.





MÉTODOS BASADOS EN MÚSCULOS ARTIFICIALES

- Con esta técnica, los músculos se modelan como deformaciones que afectan a regiones locales de la cara.
- Las deformaciones se pueden construir a partir de operadores simples, articulaciones, objetivos de interpolación, FFDs, u otras técnicas.





MÉTODOS ANATÓMICOS

También se puede realizar simulaciones detalladas que impliquen modelar un cráneo rígido, preservar el volumen en el tejido muscular y controlar la deformación de la piel.





INTERPOLACIÓN DE FORMAS (*MORPHING*)

- La interpolación de formas permite mezclar y combinar varias expresiones modeladas previamente para generar una expression final.
- Es una técnica muy utilizada y actualmente, con las técnicas diseñadas, permiten un control total sobre cada vértice si es necesario.
- Sin embargo, requiere gran cantidad de tiempo.
- Podemos encontrarnos esta técnica con varios nombres:
 - ☐ *Morphing*
 - ☐ *Morph Targets* (objetivos de interpolación)
 - ☐ *Multi-Target Blending* (mezcla de multiples objetivos)
 - ☐ *Vertex Blending* (mezcla de vertices)
 - ☐ *Geometry Interpolation* (Interpolación de geometría)
 - ☐ *etc.*



OBJETIVOS DE INTERPOLACIÓN

- Comenzamos con un modelo 3D de la cara en una expresión neutra, conocida como "base"
- Se crean copias de esta geometría y se crean varios "objetivos" individuales editando vértices.
- La topología de los objetivos debe ser exactamente la misma que el modelo base (mismo número de vértices y triángulos, y misma conectividad)
- Cada objetivo está controlado por un DOF ϕ_i que normalmente en el intervalo de 0 a 1. Se puede utilizar cualquier control para animar dichos DOFs



ALGORITMO DE INTERPOLACIÓN DE FORMAS

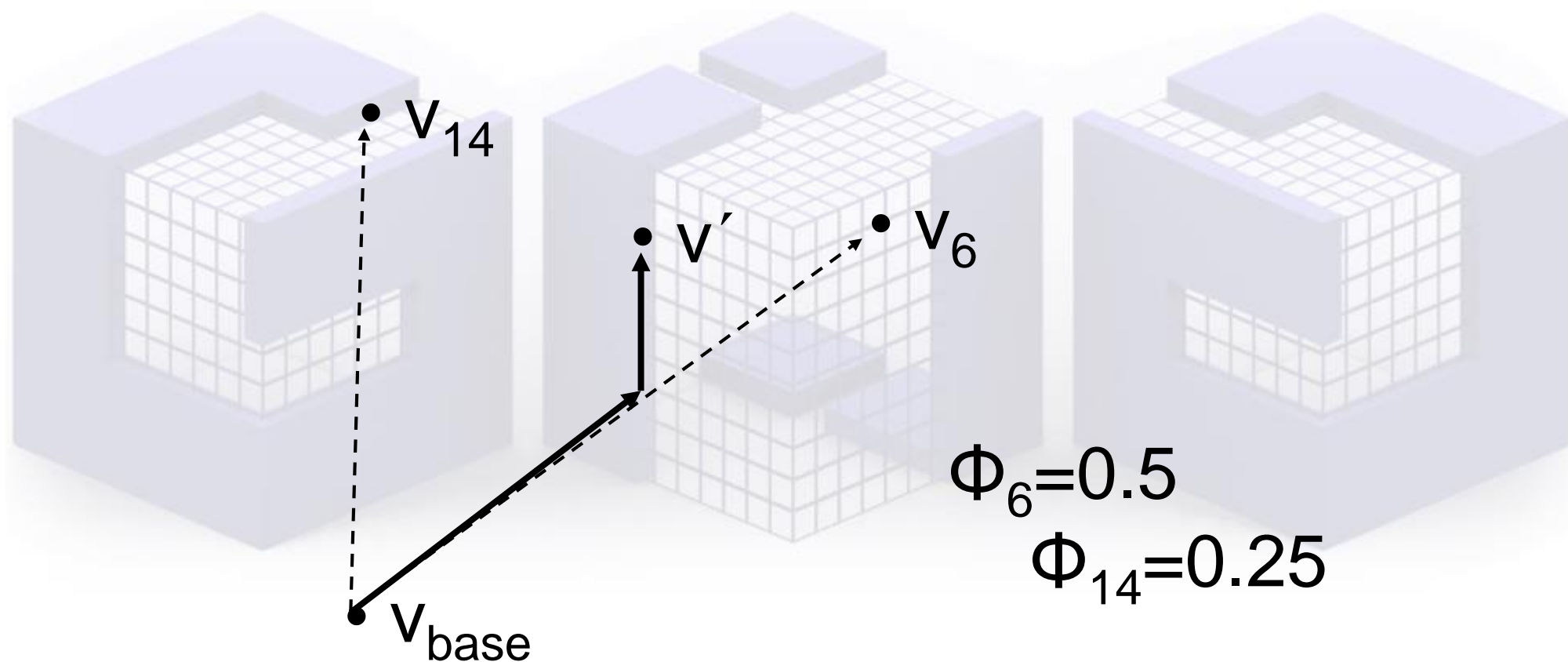
- Cálculo de la posición de un vértice mezclado \mathbf{v}' :

$$\mathbf{v}' = \mathbf{v}_{base} + \sum \phi_i \cdot (\mathbf{v}_i - \mathbf{v}_{base})$$

- La posición final del vértice será la posición en el modelo base más una contribución ponderada de cada objetivo cuyo valor de mezcla sea mayor que 0 (objetivos con valor 0 de DOF no tienen efecto)
- Si varios objetivos afectan al mismo vértice, se combinan de forma realista



INTERPOLACIÓN DE POSICIÓN





INTERPOLACIÓN DE LA NORMAL

- Debemos calcular también la normal a la superficie en ese punto 'mezclado'. Para ello:

$$\mathbf{n}^* = \mathbf{n}_{base} + \sum \phi_i \cdot (\mathbf{n}_i - \mathbf{n}_{base})$$

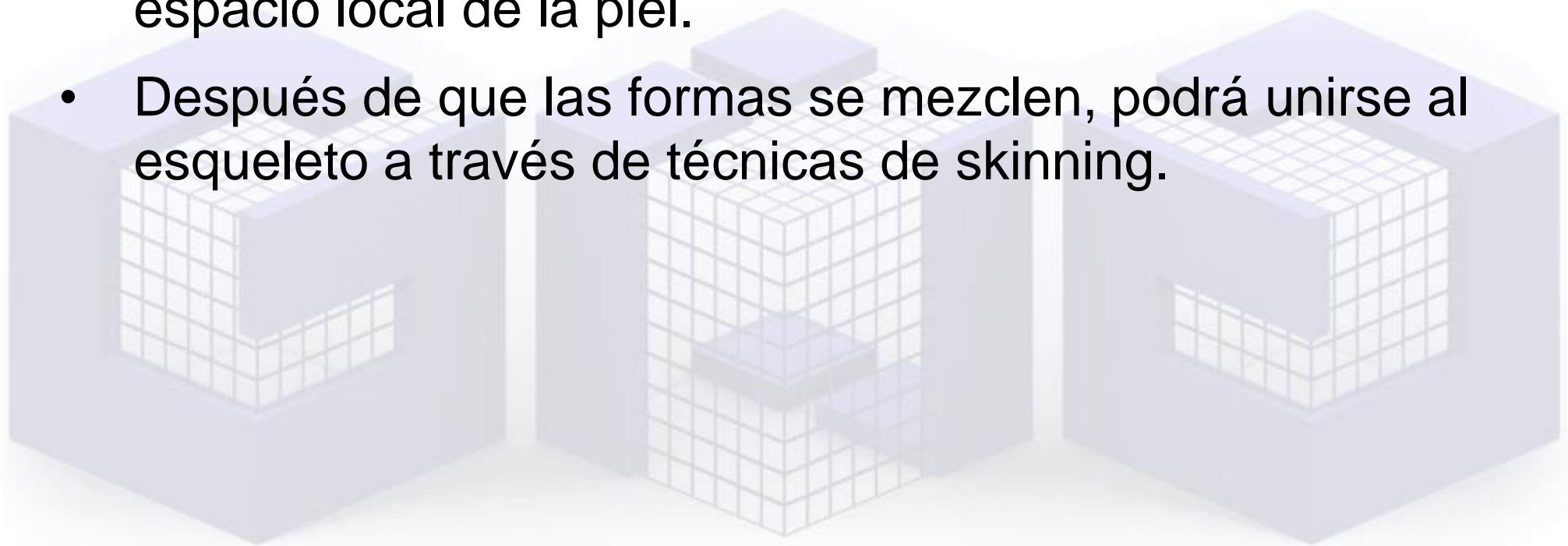
$$\mathbf{n}' = \frac{\mathbf{n}^*}{|\mathbf{n}^*|}$$

- Nota:* Si la normal debe someterse a una transformación (p.e. skinning) debemos posponer la normalización del vector hasta después del proceso.



INTERPOLACIÓN DE FORMAS Y SKINNING

- Normalmente, la interpolación de formas se hace en el espacio local de la piel.
- Después de que las formas se mezclen, podrá unirse al esqueleto a través de técnicas de skinning.





GRADOS DE LIBERTAD DE LOS OBJETIVOS DE MORPHING

- Necesitamos controles para definir los grados de libertad para controlar la interpolación
- Estos variarán normalmente entre 0 y 1
- Por ello es aconsejable tener una clase DOF que pueda utilizarse en articulaciones, objetivos de interpolación, o cualquier que queramos animar.
- A nivel de programación no distinguimos entre la animación de un grado de libertad para mover un codo o rodilla de la animación del control de una ceja.



ALMACENAMIENTO DE OBJETIVOS DE INTERPOLACIÓN

- Los objetivos de interpolación pueden ocupar una gran cantidad de memoria. Esto es un problema en videojuegos, aunque no para animaciones y películas.
- El modelo básico se almacena normalmente de cualquier manera en la que almacenemos internamente un modelo 3D (vértices, normales, triángulos, mapas de texturas, coordenadas de textura, ...)
- Los objetivos, sin embargo, no necesitan toda esa información, ya que gran parte de ella se mantendrá constante (triángulos, mapas de textura ...)
- Además, la mayoría de las expresiones de destino de cada objetivo sólo modifican un pequeño porcentaje de los vértices.
- Por tanto, para los objetivos sólo necesitamos almacenar las posiciones y normales de los vértices que se han movido de su posición base (y los índices de dichos vértices).



ALMACENAMIENTO DE OBJETIVOS DE INTERPOLACIÓN

- En una etapa de pre-procesamiento, los objetivos se almacenan mediante la comparación del modelo modificado con el modelo base y guardando la "diferencia" en sus vértices y normales.
- La información puede guardarse en una estructura como:

```
class MorphTarget {  
    int NumVerts;  
    int Index [ ];  
    Vector3 DeltaPosition [ ];  
    Vector3 DeltaNormal [ ];  
}
```




MORPH::UPDATE()

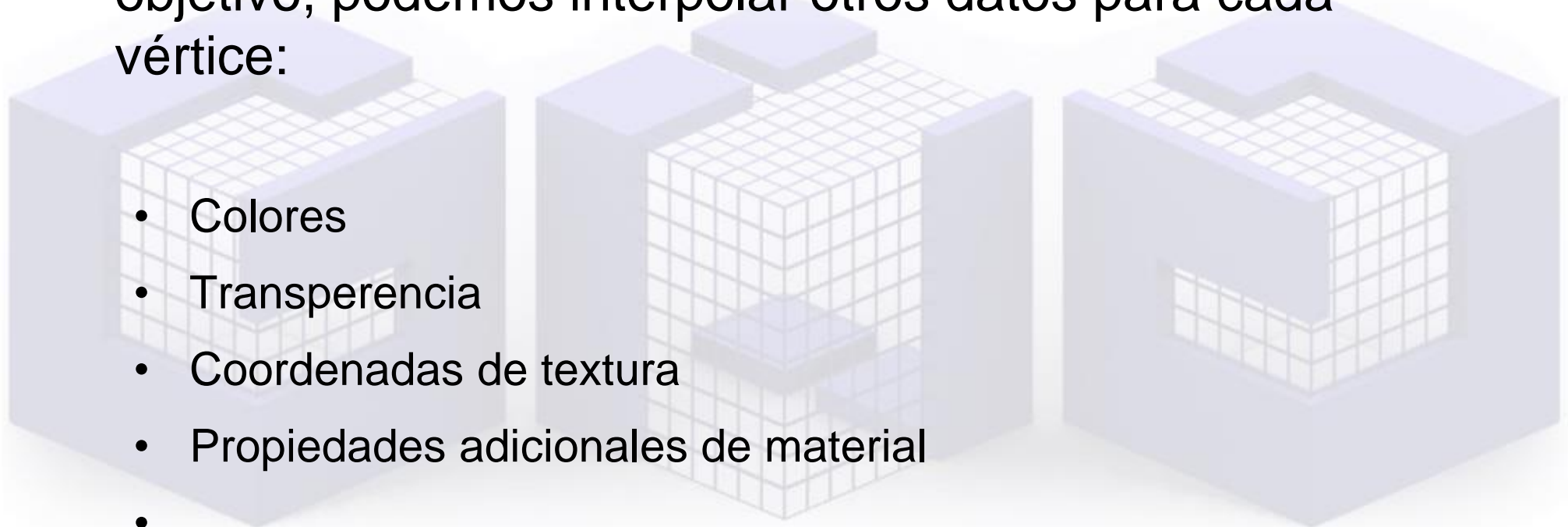
```
for(i=each vertex in base model) {  
    v' [ i ]=vbase[ i ];  
    n' [ i ]=nbase[ i ];  
}  
for(j=each target) {  
    if(DOF[ j ]==0) continue;  
    for(i=each vertex in target[j]) {  
        v' [ target[ j ].Index[ i ] ] += DOF[ j ] * target[ j ].DeltaPosition[ i ];  
        n' [ target[ j ].Index[ i ] ] += DOF[ j ] * target[ j ].DeltaNormal[ i ];  
    }  
}  
for(i=each vertex in base model) { // skip this if we will do it later  
    n' [ i ].Normalize();  
}
```



COLOR Y OTRAS PROPIEDADES

Además de interpolar la posición y normales de cada objetivo, podemos interpolar otros datos para cada vértice:

- Colores
- Transperencia
- Coordenadas de textura
- Propiedades adicionales de material
- ...





EJEMPLO: CÓMO CREAR ARRUGAS

- Una aplicación de la interpolación de datos auxiliares es la adición de arrugas
- Cada vértice almacena una propiedad auxiliar que indica cómo de arrugada es la zona en la que está:
 - En el modelo base, esta propiedad será probablemente 0 en la mayoría de los vértices, lo que indica un estado sin arrugas
 - Las expresiones objetivo tendrán esta propiedad a 1 o cerca de 1 en las áreas con arrugas
- Cuando se mezclan las expresiones faciales, esta propiedad se mezcla por vértice igual que las posiciones y los normales
- Para la representación, este valor se puede utilizar, por ejemplo, como un factor de escala en un mapa de textura de arruga que se mezcla con la textura principal de la cara.
- O aún mejor, se podría utilizar un mapa de relieve o un mapa de desplazamiento.